



Universidade de Aveiro Departamento de Biologia
2009

**Alcides Leal
Gomes de Jesus**

**Sistemas de Monitorização da Vida
Selvagem
(SMoViS)**



Universidade de Aveiro Departamento de Biologia
2009

**Alcides Leal
Gomes de Jesus**

**Sistemas de Monitorização da Vida Selvagem
(SMoViS)**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas, realizada sob a orientação científica do Prof. Dr. Carlos Manuel Martins Santos Fonseca, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho a todos quantos promovem e contribuem para a sustentabilidade da vida natural: os que combatem a desertificação, os que lutam pela diversidade, os que divulgam os efeitos do aquecimento global...

...E os que, no dia a dia: recusam lavar os dentes com escovas eléctricas, se ensaboam com a água do duche fechada, desligam a luz quando saem de casa, usam meios não-motorizados para deslocações curtas, utilizam as 'Caixas Eco' dos hipermercados,...

o júri

presidente

Prof. Dr. Fernando José Mendes Gonçalves

professor associado c/ agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Mário José Neves de Lima

professor auxiliar do departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Carlos Manuel Martins Santos Fonseca

professor auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Aos responsáveis pelo Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, Prof. Dr. Amadeu Soares (Presidente do Conselho Directivo) e Prof. Dr. Fernando Gonçalves (Presidente do Conselho Científico):
... por saberem estar à altura da correcta interpretação do papel da Universidade perante a Sociedade Civil, acolhendo, valorizando e tornando exequível o sonho de quem quer aprender por aprender, recusando contextualizar a missão do Ensino, apenas, a interesses materiais imediatos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Fonseca:
... pelo apoio e incentivo em prol da divulgação e promoção da importância da conservação e gestão da vida selvagem, no desenvolvimento cultural da Humanidade sobre o ambiente e a sua sustentabilidade.

Aos meus colegas em geral:
... pelo carinho e acolhimento que demonstraram, respeitando e valorizando o trabalho que me propus executar.

palavras-chave

biotelemetria, transmissores, receptores, sistemas de informação geográfica, sistemas de satélite, equipamentos de implante.

resumo

Este trabalho pretende facultar aos biólogos algumas linhas de orientação sobre a aplicação das técnicas de telemeria à vida selvagem.

São abordados os equipamentos de telemetria, os princípios das técnicas e os modelos experimentais, produzindo-se algumas recomendações gerais para os grupos de espécies mais relevantes.

Como o rastreamento está muito ligado à integração das tecnologias que têm vindo a ser utilizadas no campo da telemetria, muitos estudos têm demonstrado a convergência das várias tecnologias em aplicações de rastreamento.

A rádio telemetria emergiu no início dos meados do século passado como uma ferramenta dominante e de grande relevo no desenvolvimento das ciências de gestão da vida selvagem e da ecologia.

Utilizada, inicialmente, para determinar localizações, as capacidades da rádio telemetria expandiram-se para incluir a transmissão de dados importantes sobre parâmetros comportamentais e fisiológicos dos animais selvagens.

keywords

biotelemetry, transmitters, receptors, geographic information systems, satellite systems, implants.

abstract

This work is intended to provide biologists with some guidance for using the technique of wildlife telemetry.

It covers basic telemetry equipment, principles of the technique and experimental design, while providing some general recommendations for the major species groups.

As tracking deals with the integration of technologies that has been occurring in the telemetry field, several researches demonstrate the convergence of numerous biotelemetry technologies as it applies to tracking.

Beginning in the middles of past century, radio telemetry began to emerge as a dominant and critically important tool used in the developing sciences of wildlife management and ecology.

Used first to determine positional information, radio telemetry capabilities expanded to include the relaying of important behavioral and physiological data to research biologists from free ranging animals.

<u>Índice</u>	<u>Páginas</u>
1- FUNDAMENTOS	10
2- AS TECNOLOGIAS	13
2.1-Introdução	13
2.2-A rádio telemetria	16
2.3- A telemetria acústica	16
2.4-O armazenamento dos dados	17
2.5-A comunicação GSM/GPRS	18
2.6-A comunicação por Satélite	18
2.7-Os sistemas de informação geográfica (SIG)	19
2.8- A Informática e a Internet	19
2.9-O futuro	20
2.9.a)-Autonomia dos transmissores	
2.9.b)-Interferência nos ecossistemas	
2.9.c)-Novas funcionalidades	
2.9.d)-Os preços	
3- Os SISTEMAS	29
3.1-O sistema VHF	29
3.2-O sistema GPS	30
3.2.a)-Armazenamento no transmissor	
3.2.b)-Descarga remota dos dados via VHF/UHF	
3.2.c)-Descarga remota dos dados via satélite	
3.2.d)-Vantagens e desvantagens do sistema GPS	
3.3-O sistema por satélite Argos	35
3.4-Outros sistemas	38
3.4.a)-Sistemas de localização global	
3.4.b)-Sistemas de navegação Loran-C	

3.5-Análise comparativa dos sistemas	39
3.5.a)-Telemetria VHF vs. GPS e por satélite	
3.4.b)-Telemetria por satélite vs. Telemetria por GPS	
4- SOLUÇÕES: CONFIGURAR UM SISTEMA	41
4.1-Métodos de acoplamento: os implantes	41
4.2-Duração do estudo	44
4.3-Número de animais a monitorizar	45
4.4-A componente espacial	45
4.5-Relação custo/benefício	46
5- APLICAÇÕES: ESPÉCIES (VOADORAS, AQUÁTICAS E TERRESTRES)	47
5.1-Espécies voadoras	48
5.1.a)-Insectos	
5.1.b)-Aves	
5.1.c)-Mamíferos	
5.2-Espécies aquáticas	53
5.2.a)-Crustáceos	
5.2.b)-Peixes	
5.2.c)-Répteis	
5.2.d)-Mamíferos	
5.3-Espécies terrestres	60
5.3.a)-Anfíbios	
5.3.b)-Répteis	
5.3.c)-Mamíferos4	
5.4- Fabricantes de equipamentos	68
6- CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
7- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	71

Índice de tabelas e figuras	Páginas
Tabela 2.1.1 Múltiplos da unidade Hertz (frequência) e submúltiplos da unidade Metro (comprimento de onda).	14
Fig 2.1.1 Analogia entre comprimentos de onda dos sinais do espectro electromagnético e entidades comuns. Adaptado de Netting (2007)	14
Fig 2.1.2 -Esquema da divisão do espectro electromagnético onde se privilegia a relação entre a frequência e o comprimento de onda dos sinais ($f=c/\lambda$). (VHF-Very High Frequency; UHF-Ultra High Frequency). Adaptado de Keiner (2005)	15
Fig 2.9.1 Aplicação de um transmissor VHF num insecto. Adaptado de Sirtrack (2009)	23
Fig 2.9.2 A evolução da <i>Crittercam</i> (A) e uma das suas aplicações (B). Adaptado de National Geographic (2009)	25
Fig 2.9.3 Tecnologia que suporta o <i>WildCam Program</i> . Adaptado de National Geographic (2009)	26
Fig 3.1.1 Elementos básicos de um sistema VHF a)-Transmissor para acoplar ao animal (no caso, para elefantes); b)-Antena de baliza com cabo de ligação ao receptor; c)- Receptor/sintonizador (vários modelos). Adaptado de Technologies for Conservation and Development (2006)	30
Fig 5.1.1 Migrações das águias-caçadeiras, documentadas pela telemetria por satélite (2005 – 2007). (Encarnado – fêmeas; Azul – machos; Verde – juvenis) Adaptado de Dansk Ornitologisk Forening-DOF (2006)	50
Fig 5.1.2 Ilustração de um dos receptores GPS utilizados. Adaptado de Sirtrack (2009)	51
Fig 5.1.3 O acoplamento dos transmissores é feito normalmente com fita adesiva especial depois de se rapar a pelagem na área de aplicação; a 'marcação' pode incluir, também, anilhaçagem fluorescente. Adaptado de BMC-Bat Conservation and Management (2009).	52
Fig 5.2.1 (A)-Família dos transmissores <i>NanoTag</i> ; (B)- DRX 600 Digital Spectrum Processing Receiver. Adaptado de Lotek (2009).	56
Fig 5.2.2 Detecção com antena de baliza <i>yagi</i> de 4 elementos. Adaptado de ATS (2009)	57
Fig 5.3.1 O veado (<i>Cervus elaphus</i>) é uma das espécies de cervídeos que ocorre em Portugal Continental, em estado selvagem (foto do autor).	63

1 - FUNDAMENTOS

A Biologia é uma das áreas científicas que tem obtido grandes benefícios com a utilização das tecnologias de comunicação, mais precisamente, com a aplicação da telemetria no estudo e conservação da Vida Selvagem (Samuel e Fuller, 1996).

Embora essa utilização venha de há décadas, a verdade é que se tem verificado, recentemente, um aumento significativo de aplicações práticas, prevendo-se um crescimento exponencial a que não será alheio o facto dos equipamentos apresentarem funcionalidades cada vez mais interessantes.

A indústria dos equipamentos de telemetria embora não seja, exclusiva da área da Biologia, tem respondido de uma maneira geral, com os seus desenvolvimentos, aos anseios dos cientistas neste campo.

Dada a quantidade de fabricantes e a grande variedade de equipamentos, com custos e funcionalidades diversas, surge a necessidade dos biólogos estabelecerem critérios que, de forma rápida e consistente, permitam seleccionar o sistema de telemetria mais adequado ao seu Estudo, quando vierem a necessitar de tal ferramenta, sendo este o principal propósito desta tese de Mestrado.

Foi nos anos 50 do século passado que a biotelemetria emergiu como uma ferramenta importante para o estudo e conservação da vida selvagem, contribuindo para o aprofundamento das áreas da Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas. Inicialmente utilizada para determinar a localização dos animais, as suas funcionalidades expandiram-se representando hoje um papel incontornável neste ramo da Ciência (Webb, 2003).

O estabelecimento de critérios que envolvam a definição de um sistema de telemetria pressupõe que se conheçam as alternativas disponíveis no mercado.

Este conhecimento é contudo insuficiente, não só porque cada tecnologia pode apresentar diversas opções de configuração, como também a optimização de um sistema exige frequentemente a associação de várias tecnologias (Taillade, 1992).

Será uma das vertentes em que este trabalho pode ser da maior utilidade, sem deixar, contudo, de identificar os conceitos e as tecnologias/sistemas de comunicação disponíveis que interessem aos fins desta abordagem.

Uma solução técnica que corresponda de forma eficaz aos objectivos de um estudo, configurando um Sistema de Monitorização adequado, pode conseguir-se até com uma solução simples e menos onerosa.

É, pois, essencial para o biólogo conhecer as tecnologias disponíveis e daí conseguir configurar funcionalmente, para o seu caso concreto, um sistema que possa executar as tarefas que os objectivos do estudo exijam.

Actualmente, existem inúmeras aplicações de Sistemas de Monitorização da Vida Selvagem, sendo as mais bem sucedidas divulgadas em revistas científicas e/ou na *Web*. O acesso a esta informação poderá ser de grande utilidade se conseguirmos identificar analogias (ligações) com cada caso concreto.

A abordagem às tecnologias e aos sistemas por si só, não completariam, em nossa opinião, os propósitos deste trabalho se não trouxéssemos aqui algumas das inúmeras aplicações da telemetria à vida selvagem. Preocupámo-nos em efectuar uma selecção que abrangesse espécies com enorme diferenciação comportamental e de *habitats*, com o fim de analisar metodologias, capacidades e conclusões, o mais diversificadas possível.

2 - AS TECNOLOGIAS

2.1 - Introdução

De uma maneira geral, os Sistemas de Monitorização da Vida Selvagem (SMoViS) que recorrem à telemetria, usam a transmissão de Ondas Hertzianas (sinais eléctricos oscilantes que se propagam na atmosfera terrestre) (Webb, 2003). Essa transmissão ocupa bandas de frequências do Espectro Electromagnético, de acordo com as normas existentes em cada país. A necessidade de compatibilizar essas normas com as características dos equipamentos a seleccionar terá de estar sempre presente.

Em Portugal as bandas disponíveis são geridas pela Autoridade Nacional – ANACOM - e os equipamentos a usar terão de apresentar características técnicas compatíveis.

O espectro electromagnético abrange uma gama enormíssima de frequências de sinais eléctricos conhecidos e que têm uma enorme utilização prática, podendo mesmo ser convertidos, dentro de certas limitações, em acústicos e ópticos (Fink, 1975).

Um dos parâmetros destes sinais, que são descritos pelas funções trigonométricas seno ou co-seno (ondas sinusoidais), é a frequência (f) ou o comprimento de onda (λ), relacionados entre si pela equação $f=c/\lambda$ (em que c =velocidade da luz no vácuo).

Devido à sua relação ser inversa, a frequência é descrita em Hertz (e/ou múltiplos) e o comprimento de onda em metros (e/ou sub-múltiplos).

Os mais usados, estão descritos na Tabela 2.1.1:

<u>Frequências (múltiplos)</u>	<u>Comprimentos de onda (submúltiplos)</u>
<i>kilo</i> Hz (KHz) = 10^3 Hz	<i>mili</i> metro (mm) = $1/10^3$ m = 10^{-3} m
<i>Mega</i> Hz (MHz) = 10^6 Hz	<i>micro</i> metro (μ m) = 10^{-6} m
<i>Giga</i> Hz (GHz) = 10^9 Hz	<i>nano</i> metro (nm) = 10^{-9} m = 10 Å (Ångström)
<i>Tera</i> Hz (THz) = 10^{12} Hz	<i>pico</i> metro (pm) = 10^{-12} m = 0,01 Å

Tabela 2.1.1 – Múltiplos da unidade Hertz (frequência) e submúltiplos da unidade Metro (comprimento de onda).

Podemos encontrar variadíssimas representações esquemáticas do espectro electromagnético, em livros, revistas e *sites* da especialidade (Mandl, 1973; Fink, 1975; Netting, 2007). Seleccionámos duas dessas representações por nos parecerem mais eloquentes: uma na comparação dos comprimentos de onda com algumas entidades familiares à Biologia (Fig 2.1.1) e outra que evidencia mais a relação atrás referida, $f=c/\lambda$ (Fig 2.1.2).

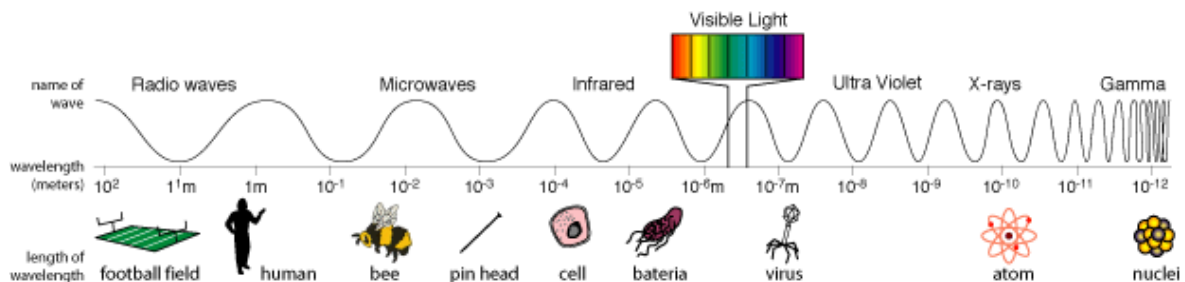


Fig 2.1.1-Analogia entre comprimentos de onda dos sinais do espectro electromagnético e entidades comuns. Adaptado de Netting (2007)

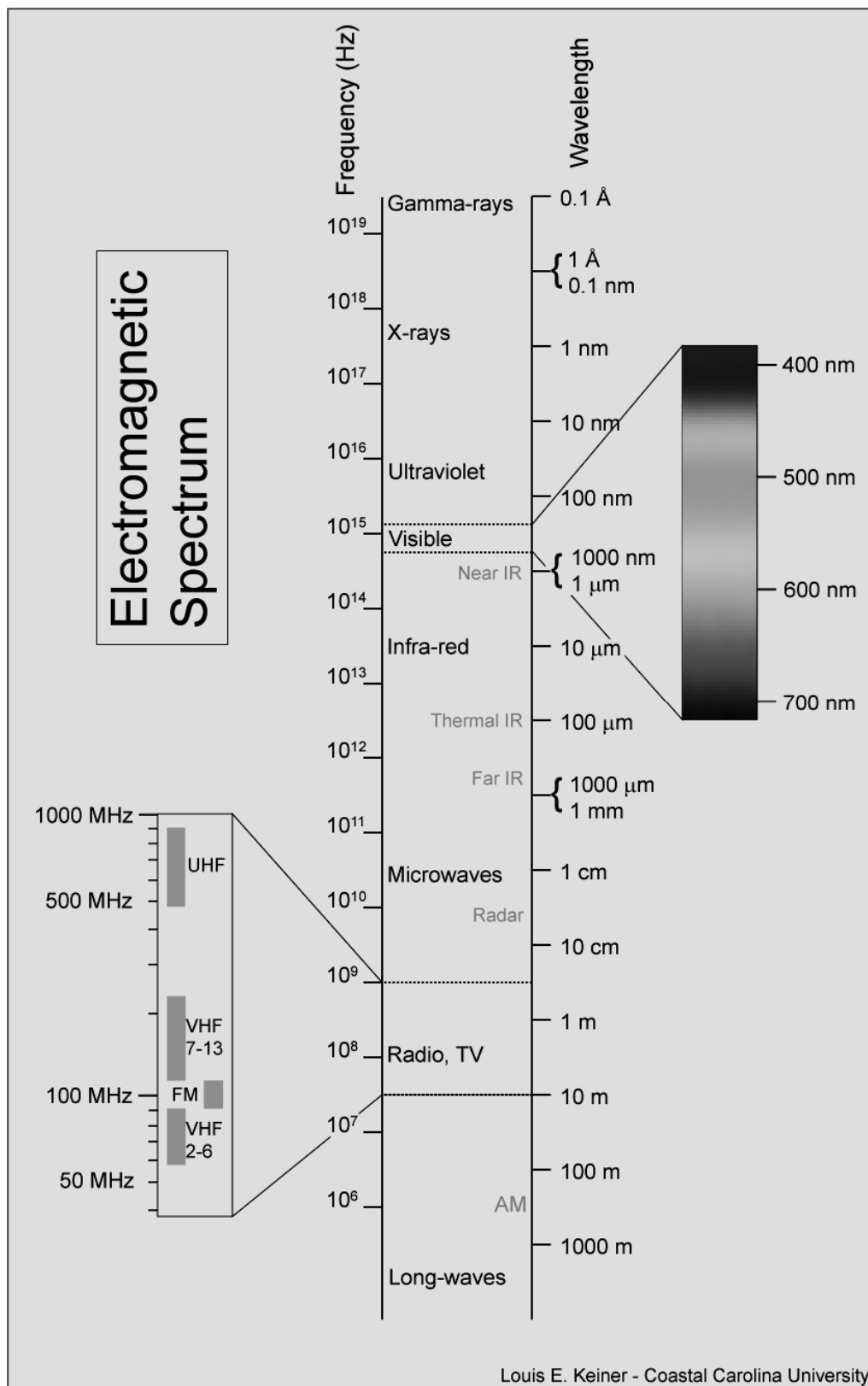


Fig 2.1.2-Esquema da divisão do espectro electromagnético, onde se privilegia a relação entre a frequência e o comprimento de onda dos sinais ($f=c/\lambda$).
(VHF-Very High Frequency; UHF-Ultra High Frequency).
Adaptado de Keiner (2005)

2.2 - A rádio telemetria

Quanto às tecnologias, poderemos identificar várias capazes de suportar os SMOViS, tendo sido a rádio telemetria a primeira a ser usada (Cochran *et al.* 1965; Beuchner, 1971).

Esta tecnologia baseia-se na transmissão de Ondas Hertzianas e integra os sistemas de monitorização, dos mais simples aos mais complexos, em exclusividade, ou associada a outras tecnologias (Angerbjorn e Becker, 1992).

Só com o aparecimento dos microprocessadores foi possível produzir sofisticados transmissores e sintonizadores/receptores que revolucionaram as funcionalidades dos sistemas de monitorização, contribuindo para sua proliferação. Mas os princípios associados à rádio telemetria continuaram válidos para integrar as novas configurações dos sistemas mais recentes e complexos, como poderemos identificar em muitos dos estudos divulgados.

É pois uma tecnologia transversal. Ao falarmos de biotelemetria, rádio rastreamento, estamos a falar de rádio telemetria.

2.3 - A telemetria acústica

Esta tecnologia tem aplicações mais direccionadas para o estudo da vida selvagem em ambiente aquático, onde a transmissão dos sinais acústicos é favorecida (Fink, 1975).

A par da rádio telemetria (para as espécies terrestres e voadoras) foi durante muito tempo, a tecnologia mais adaptada na monitorização das espécies marinhas.

Apenas apareceram outras opções com a entrada em serviço, no início da década de 1970, do sistema Argos que adiante abordaremos.

Os transmissores usados, vulgarmente denominados sonares, emitem um sinal acústico que resulta de uma conversão do sinal eléctrico em sonoro. Os equipamentos receptores são identificados como hidrofones e são colocados

submersos para detecção dos sinais emitidos pelos sonares (Lindholm *et al.*, 2009). São conhecidos dois tipos de hidrofones: portáteis e fixos (estes normalmente instalados em bóias ancoradas).

Tecnicamente, os equipamentos acústicos são concebidos consoante o comportamento deste tipo de sinais nos meios aquáticos, que é optimizado para frequências da ordem das dezenas de kilohertz, muito menores, comparativamente às utilizadas no meio aéreo. Isto resulta do facto do comprimento de onda de um sinal eléctrico transmitido no ar ser maior do que quando é transmitido na água (Fink, 1975).

Existem transmissores combinados (rádio acústicos) para darem melhores respostas a situações em que as espécies aquáticas frequentam meios de características diferentes (variações na profundidade e na condutividade das águas).

2.4 - O armazenamento de dados

É uma tecnologia mais vocacionada para fins de armazenamento e recolha de informação para tratamento posterior, quando sejam, apenas, exigidos elementos que importem a estudos com finalidades de relevância estatística (Cochran, 1980).

Existem situações relacionadas com o comportamento de algumas espécies que inviabilizam as leituras cíclicas dos dados, sendo nestas circunstâncias, a opção de os armazenar e fazer o seu tratamento no final da monitorização a estratégia indicada. Referimo-nos às espécies que passam longos períodos de tempo em refúgios subterrâneos, *habitats* densamente arborizados, ou em áreas com desníveis acentuados, onde a transmissão dos sinais só se torna possível conjuntamente.

Antes da utilização das estações não-assistidas os investigadores tinham de deslocar-se ao terreno para recapturar os animais e proceder à recolha dos dados através de um receptor portátil. Os transmissores acoplados aos animais estavam

preparados para estabelecer essa ligação (*Wildlink radio transmitters*). Geralmente, eram instalados em coleiras e providos com um mecanismo de dardos tranquilizantes controlado remotamente para facilitar a recaptura do animal. A frequente congelação da droga, derivada de períodos de frio excessivo em ecossistemas circumpolares, apresentava-se como uma das limitações desta técnica (Mech *et al.* 1983).

2.5 - A comunicação GSM/GPRS

É a tecnologia dos telemóveis. Recorre-se a ela em situações que exijam uma recolha dos dados em tempo real via SMS ou Internet, assegurando a comunicação entre as estações de um Sistema de Monitorização e os utilizadores. Esta comunicação pode também ser assegurada por *links* VHF/UHF com transmissão nos dois sentidos que permitem a reprogramação à distância dos 'ciclos de serviço' (*duty cycle*) (Dussault *et al.*, 1999).

A comunicação GSM (*Global System for Mobile communications*) é suportada por redes de comutação de circuitos nas quais durante a comunicação o circuito estabelecido pela rede fica exclusivo dessa comunicação, até que se detecte ordem de desligar.

Na comunicação GPRS (*General Packet Radio Service*) as redes são de comutação de pacotes, em que não fica nenhum circuito exclusivo de uma comunicação, podendo outras comunicações utilizar os mesmos recursos da rede, aproveitando hiatos na transmissão dos dados.

2.6 - A comunicação por satélite

É uma tecnologia utilizada por Sistemas de Monitorização que exijam funcionalidades mais complexas e inovadoras recorrendo à transmissão de dados via satélite. Pode assegurar, analogamente à comunicação GSM/GPRS, uma transmissão nos dois sentidos (Argos-3).

Este tipo de transmissão assegura débitos muito elevados de informação, mas alguns sistemas não têm uma cobertura permanente, o que leva a que a comunicação se realize em determinado período do dia (consoante o local) e durante um certo intervalo de tempo (Fancy *et al.*, 1988).

Existem diversos sistemas de satélites de telecomunicações, principalmente explorados por empresas norte-americanas, que giram à volta da Terra em órbitas polares (de mais baixa altitude) ou em órbitas geoestacionárias.

2.7 - Os sistemas de informação geográfica (SIG)

São sistemas computacionais que permitem com facilidade analisar, gerir ou representar o espaço e os fenómenos que nele ocorrem.

Os modelos mais comuns nos SIG, são o modelo *raster* ou matricial e o modelo vectorial. Enquanto este se centra na precisão da localização dos elementos no espaço, aquele considera as suas propriedades compartimentando-o em células regulares (quadradas, rectangulares, triangulares ou hexagonais).

Os SIG separam a informação em diferentes camadas temáticas e armazenam-nas para que os utilizadores trabalhem com elas de forma rápida e simples, permitindo relacionar a informação existente através da posição e topologia dos objectos, com o fim de gerar nova informação (Juang *et al.*, 2002).

Os sistemas de monitorização da vida selvagem utilizam esta tecnologia com evidentes vantagens, transportando para mapas digitais a informação sobre a localização dos animais, recolhida dos transmissores.

2.8 - A Informática e a Internet

São tecnologias que funcionam em complementaridade e que tornam os sistemas mais amigáveis para o utilizador (*user-friendly*) através do tratamento e da apresentação dos dados.

São as ferramentas ideais para trabalhar com os SIG aos quais proporcionaram uma ampla divulgação e utilidade.

Integram, por isso, os sistemas de monitorização com funcionalidades mais complexas (Howey, 1992).

2.9 - O futuro

Segundo um relatório do grupo de trabalho especializado em melhorias dos sistemas de telemetria (Morton *et al.* 2003), é expectável que a biotelemetria possa:

- Assegurar melhor qualidade de informação, reduzindo os efeitos de *stress* e os distúrbios fisiológicos a que os animais ficam sujeitos;
- Proporcionar informação mais relevante, permitindo que os animais adquiram comportamentos mais naturais em ambientes de liberdade total;
- Recolher eventos ocasionais ou transitórios durante longos períodos de tempo;
- Reduzir o *stress* fisiológico e psicológico dos animais, resultante do equipamento externo que trazem acoplado;
- Minimizar a utilização, no equipamento, de componentes móveis como cabos, coleiras de fixação, etc.;
- Requerer menos exemplares em estudo para garantir os mesmos resultados, por meio da recolha de dados em maior quantidade, e, simultaneamente, de melhor qualidade.

Apesar deste relatório já não ser recente (tem cerca de 6 anos), a prossecução destes objectivos gerais, representa uma temática sempre actual, independentemente dos avanços tecnológicos que se venham a verificar.

2.9.a) Autonomia dos transmissores

Um dos mais importantes progressos que poderá ser feito no que respeita aos sistemas de telemetria será uma maior eficiência das baterias (mais leves,

mais pequenas, de maior capacidade) e um menor consumo dos circuitos que incorporam os transmissores (Mate *et al.*, 1991).

A conjugação de tudo isto poderá proporcionar:

- Maior duração na operacionalidade dos transmissores;
- Maior raio de acção (maior potência dos sinais);
- Dispositivos mais leves e pequenos.

Estas melhorias permitirão alargar o uso da telemetria a animais de menor tamanho e facilitarão bastante o rastreamento, qualquer que seja a tecnologia usada.

Em segundo lugar, uma melhor eficiência das antenas proporcionaria redução no consumo dos circuitos, relevando os seus benefícios para os pontos referidos anteriormente.

A utilização de baterias solares, representa uma das soluções mais promissoras no futuro, estando actualmente o seu uso, restringido com algum sucesso em certas aplicações com aves (Snyder *et al.*, 1989). Ainda não se encontram resolvidos problemas relacionados com a sua duração e tempo de vida, que lhes garantam uma utilização satisfatória. Uma questão que poderá ser incontornável é a sua aplicação em espécies que, pelo seu comportamento estejam, por longos períodos, abrigadas da luz (Snyder *et al.*, 1989).

A utilização de baterias recarregáveis, em conjugação com células fotovoltaicas que as carregariam, apresenta-se também, como uma alternativa à ampliação dos prazos de funcionamento dos transmissores (maior autonomia).

As células de hidrogénio complementam as alternativas na prossecução dos objectivos de autonomia atrás referidos, prevendo-se que a médio prazo seja possível a sua utilização em sistemas de biotelemetria (Hulbert, 2001).

2.9.b) Redução da interferência nos ecossistemas

Independentemente do sistema de telemetria escolhido, os efeitos resultantes da captura e acoplamento dos transmissores nos animais selvagens, terão certamente implicações nos seus comportamentos naturais. Esses efeitos

adversos podem variar de situação para situação, podendo caracterizar-se de curto a longo prazo, ou de toleráveis a críticos, mesmo fatais (Birgham, 1989).

Por isso, haverá toda a vantagem que sejam efectuados esforços em minimizá-los, se os objectivos da monitorização exigirem a obtenção de dados mais fiáveis.

Os desvios comportamentais comuns persistem entre 1-2 semanas, sendo contudo aceitável que passada uma semana depois da libertação, o animal se familiarize com o equipamento que lhe foi acoplado (White e Garrott 1990).

Os acoplamentos externos terão efeitos permanentes, que tendencialmente diminuirão com o tempo (habituação), permanecendo sempre a dúvida se o animal voltará a ter, alguma vez, comportamentos naturais.

Os acoplamentos por implante, por outro lado, terão efeitos adversos num período crítico (após a libertação dos animais) sendo de admitir a inexistência de perturbações a partir de determinado momento (Reid *et al.*, 1986).

Estas regras gerais, não poderão ser aplicáveis em situações anormais, como em acoplamentos que não corram bem (e.g. mais tempo dispendido na captura ou na aplicação do equipamento, recobro antecipado do animal por anestesia insuficiente, etc.).

A relação entre o peso do transmissor e o peso do animal tem vindo a ser considerada na generalidade das aplicações, como muito importante na fiabilidade dos resultados a obter (Kolz *et al.*, 1966). Com os avanços tecnológicos esta problemática tem vindo a ser atenuada, e, tem permitido até a aplicação da biotelemetria a espécies nunca antes pensadas (e.g. insectos e pequenos invertebrados).

Regra geral, esta relação ronda os 3% para pequenas aves, não excedendo 2% para peixes e podendo atingir 5% em répteis e anfíbios (Advanced Telemetry Systems, 2005a)



Fig 2.9.1- Aplicação de um transmissor VHF num insecto. Adaptado de Sirtrack (2009).

Segundo os mais conceituados especialistas mundiais não está prevista nenhuma revolução tecnológica que altere radicalmente os conceitos da biotelemetria, pelo que aquilo que num futuro próximo é expectável serão melhorias nas funcionalidades e autonomia de funcionamento dos dispositivos electrónicos (Webb, 2003).

Este aspecto da autonomia apresenta-se como uma das condições para reduzir a intrusão que, tanto o sistema de monitorização como as equipas que o exploram, impõem às espécies selvagens e ao espaço que usam, produzindo um *stress* que os dados recolhidos não identificam. Sem a eliminação desse *stress* nunca se virá a conhecer em que medida os resultados obtidos correspondem a comportamentos ou a valores naturais dos parâmetros biológicos (White e Garrott, 1990).

Não estando para breve, que a telemetria por satélite adquira maior precisão nas localizações, ela evita pelo menos, a invasão sistemática do espaço de uso dos animais pelas equipas e meios logísticos associados ao desenvolvimento dos projectos (Webb, 2003).

É seguro que, ainda, será necessário passarem alguns anos até que os animais deixem de 'carregar' os transmissores (externa ou internamente) e continuem a ter de ser capturados, inviabilizando assim, as hipóteses de a curto prazo se eliminarem os efeitos da intrusão nos seus *habitats*.

Terão de ser, pois, os biólogos a assumir a responsabilidade de minimizar esses efeitos nefastos, através da selecção de sistemas e configurações

adequadas que assegurem tais propósitos, o que vai exigir que tenham de acompanhar de perto as evoluções tecnológicas dos sistemas de biotelemetria.

2.9.c) Novas funcionalidades

Embora a localização dos animais fosse (e, ainda, é) a informação mais relevante para os biólogos no estudo e conservação da vida selvagem, outras funcionalidades têm vindo a ser incorporadas nos sistemas de monitorização.

Nos convencionais sistemas VHF encontram-se iniciativas de investigadores para medição da temperatura corporal de mamíferos (Kussendrager *et al.* 1980). A sua aplicação não se vulgarizou dadas as limitações tecnológicas que impossibilitavam a construção de transmissores com peso e tamanho aceitáveis para acoplar aos animais. As raras aplicações verificaram-se em mamíferos de grande porte como por exemplo em ursos (Craighead *et al.*, 1971).

Os avanços tecnológicos (miniaturização dos circuitos electrónicos e evolução nos sistemas de transmissão) vieram proporcionar a proliferação de dispositivos de reduzido tamanho e peso, a par de uma maior duração das baterias e melhor rendimento das antenas de emissão (Morris, 1992).

Abolidas, assim, as principais restrições, os biólogos começaram a integrar nas suas investigações objectivos mais ambiciosos, como a medição de parâmetros fisiológicos dos animais. Além da temperatura corporal, o ritmo cardíaco e a tensão arterial, têm sido objecto de análise em vários estudos. Esta dinâmica só veio a tornar-se possível com a introdução bem sucedida de um novo método de acoplamento - os implantes (Reid *et al.*, 1986; Jocene *et al.*, 1997).

A indústria dos equipamentos de implante tem apresentado enormes desenvolvimentos em áreas como a medicina, onde a aplicação de sensores para medir biopotenciais e concentrações hormonais em cobaias para pesquisas científicas, poderão antever futuras generalizações à vida selvagem, como um teste mais profundo a futuras aplicações no Homem, no que diz respeito à telemetria (Scientific Committee on Oceanic Research, 2009).

Um conceito que poderá ser muito interessante para estudos que envolvam a monitorização de áreas de uso é o das 'barreiras virtuais' (*virtual fencing*).

Os princípios deste conceito assentam na possibilidade de, em tempo real, os investigadores poderem conhecer eventos da deslocalização de um animal para fora de uma área de uso previamente definida.

Esse aviso é feito, normalmente por SMS e/ou pela Internet e possibilita a tomada rápida de decisões. Exige a instalação no terreno de infra-estruturas, geralmente uma ou mais torres de vigia, conforme a área, que viabilizem a detecção e transmissão dos dados relativos aos eventos.

Existem vários projectos, principalmente nos Estados Unidos, aplicando este conceito, abrangendo objectivos que não se restringem só à conservação e gestão da vida selvagem (Juang *et al.*, 2002; Anderson *et al.*, 2004)

Outras aplicações, baseadas em informação fotográfica, vídeo e som, são também, frequentemente, utilizadas. A sua versatilidade está direccionada para objectivos específicos, mas pode apresentar resultados satisfatórios (Parrish *et al.*, 2005; Seminoff *et al.*, 2006; Hooker *et al.*, 2006)

O equipamento mais conhecido, nesta área, é a *Crittercam*, da National Geographic, que ao longo dos anos tem apresentado novas versões, acompanhando o desenvolvimento da tecnologia (Hooker *et al.*, 2006).

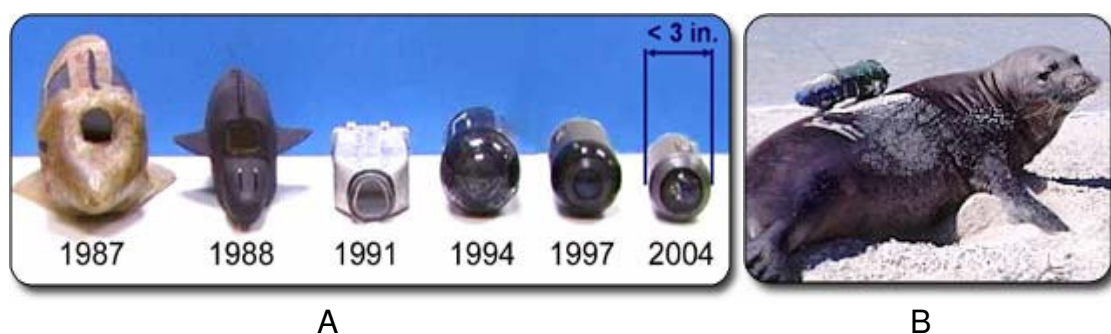


Fig 2.9.2 - A evolução da *Crittercam* (A) e uma das suas aplicações (B). Adaptado de National Geographic (2009)

Esta prestigiada instituição, também criou recentemente um projecto de conservação/divulgação que recorre à Internet para ligar as pessoas aos mais distantes ambientes selvagens da Terra (National Geographic, 2009). Embora

estas aplicações representem aspectos generalistas e de divulgação, tendo como alvo a sociedade, a sua existência deve ser do conhecimento dos biólogos.

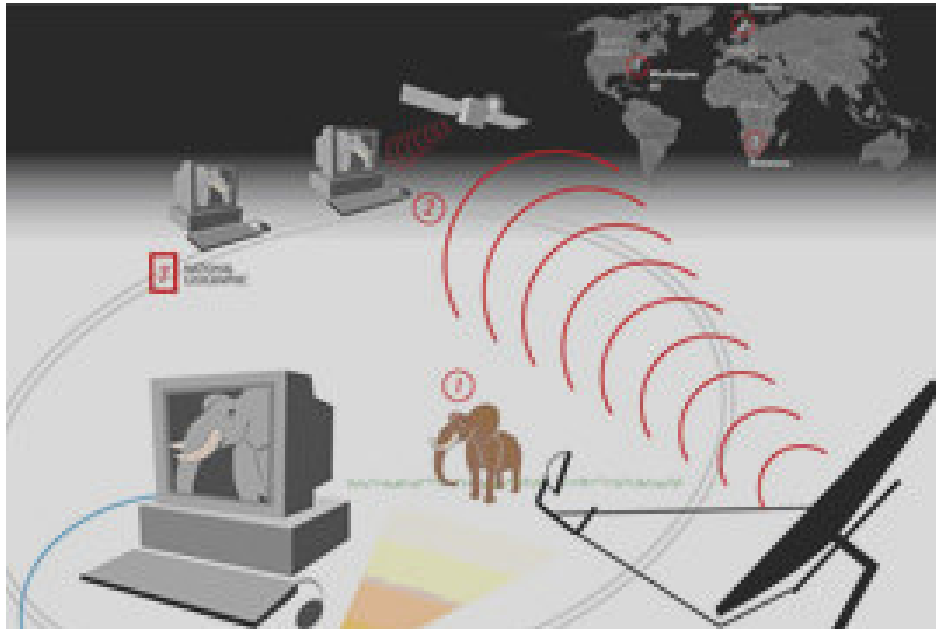


Fig 2.9.3 - Tecnologia que suporta o *WildCam Program*. Adaptado de National Geographic (2009).

2.9.d) Os preços

Outro aspecto com elevada importância no futuro será a componente dos custos que, a integração de um sistema de telemetria terá no desenvolvimento de um projecto.

Dotados de novas funcionalidades, os transmissores mais avançados integram circuitos com microprocessadores e podem absorver, ainda, uma parcela elevada dos recursos financeiros dos projectos. É importante, por isso, que os investigadores avaliem correctamente se os objectivos a atingir por um estudo justificam a utilização de equipamentos com funcionalidades mais complexas, ou, por outro lado, soluções mais em conta respondem às necessidades.

A duração de um estudo e a eventual reutilização dos transmissores devem, também ser equacionadas, porque a longo prazo, os sistemas mais recentes representam, normalmente, poupanças em relação aos convencionais.

Deve-se considerar, ainda, em que medida soluções mais caras à partida, podem evitar a deslocação, utilização e ocupação de meios logísticos e recursos humanos no terreno.

Espera-se que o desenvolvimento tecnológico, contribua para uma aplicação generalizada dos equipamentos de telemetria em projectos, permitindo reduzir os custos de fabrico. O elevado número de fabricantes existentes no mercado e as potencialidades destas ferramentas, não só na Biologia como noutros ramos da ciência, permitem manter as expectativas altas.

Hoje, um transmissor GPS é cerca de 10 vezes mais caro do que um convencional de VHF (Tomkiewicz, 2009), mas as suas capacidades mais alargadas, colocam em equação as alternativas, obrigando os investigadores a fazerem análises mais cuidadas nas opções oferecidas, aumentando assim o seu grau de responsabilidade.

3 - OS SISTEMAS

De uma forma geral o conceito elementar em que assentam os SMOViS reside na aplicação de um mecanismo transmissor no animal, ou conjunto de animais, a estudar.

Será este mecanismo que regista e envia os dados que sensores apropriados recolhem ao longo do tempo (Tomkiewicz, 1990; Priede, 1992)). Quando seja necessário reprogramar à distância esse mecanismo, ele terá de apresentar funcionalidades de recepção e o *link* de transmissão permitir a comunicação nos dois sentidos.

Os sistemas mais recentes de telemetria por satélite ainda não apresentam uma precisão de localização que responda às exigências de um rastreamento adequado a certas espécies, com um comportamento caracterizado por áreas de uso restritas (Folkow e Blix, 1992). Os próprios fabricantes destes equipamentos reconhecem que o conceito subjacente ao princípio de funcionamento inviabiliza a curto prazo melhorias significativas deste aspecto. Remetem para a dinâmica da concorrência, as explicações sobre eventuais avanços tecnológicos com expectáveis descidas dos preços.

3.1 - O sistema VHF

Este foi o primeiro sistema a ser usado pelos biólogos no estudo da vida selvagem.

Utiliza a zona do espectro electromagnético das ondas rádio, na qual se identifica a banda de frequências VHF (*Very High Frequency* – frequências muito altas) entre 30MHz-300MHz.

Durante muitos anos (décadas de 1960, 1970 e 1980) foi a tecnologia quase exclusivamente usada nos sistemas de biotelemetria. Centenas de espécies foram rastreadas, desde as mais pequenas aves até aos grandes quadrúpedes e

cetáceos (Mech, 1974; Morris, 1980; Samuel *et al.*, 1985; Pennycuick *et al.*, 1987; Schmutz e White, 1990; Samuel e Fuller, 1996).

Ainda hoje se utilizam transmissores VHF, não só por ser uma tecnologia barata, como também, os avanços tecnológicos trouxeram ao seu fabrico a integração e miniaturização electrónica, verificada nos outros sistemas.

Dada a sua simplicidade funcional, são dos transmissores mais leves (chegam a pesar menos de um grama) e pequenos que se fabricam, dotando-os de uma capacidade imbatível nas aplicações em algumas espécies animais, como insectos e pequenos invertebrados

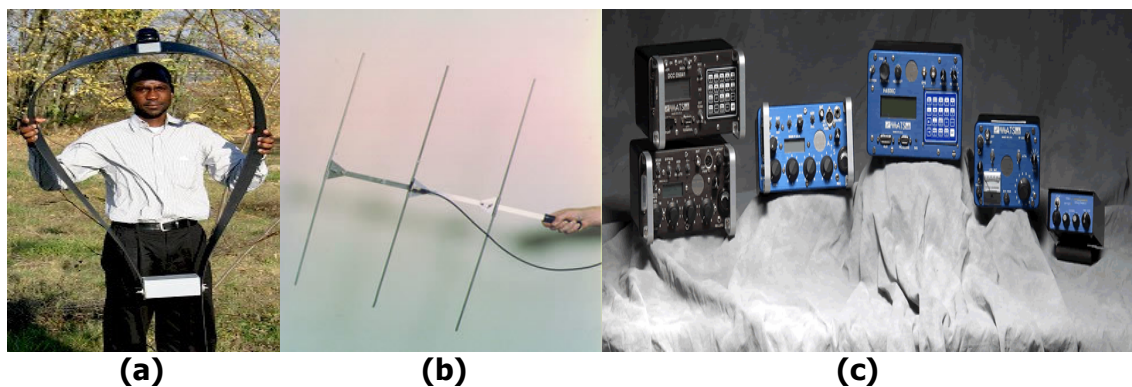


Fig 3.1.1- Elementos básicos de um sistema VHF. a)-Transmissor para acoplar ao animal (no caso, para elefantes); b)-Antena de baliza com cabo de ligação ao receptor; c)-Receptor/sintonizador (vários modelos). Adaptado de Technologies for Conservation and Development (2006).

3.2 - O sistema GPS (*Global Positioning System*)

Apesar de datar de 1972 o nascimento dos conceitos associados ao sistema GPS, (Space-Based Positioning, Navigation, and Timing of USA, 2009) só em 1996, é que o Presidente Bill Clinton, reconhecendo a sua importância tanto nos meios civis como militares, emitiu uma Directiva Política declarando o Sistema GPS como sendo de uso militar e civil, criando uma Comissão executiva interdepartamental para dirigir o projecto, assumindo-o de interesse nacional (Space-Based Positioning, Navigation, and Timing of USA, 2009).

O GPS apresenta funcionalidades bastante inovadoras possibilitando uma monitorização *on-line* (em tempo real).

Utilizam-se receptores GPS acoplados aos animais para calcular a sua posição com base nos sinais recebidos de um determinado conjunto de satélites do sistema (mínimo três). Registam também a hora e o dia correspondentes a cada localização, obedecendo os momentos dos cálculos a uma programação especificada pelos investigadores (Baubet *et al.*, 2004).

O rastreamento por GPS apresenta inúmeras funcionalidades, tendo uma contribuição decisiva nos avanços que se deram no conhecimento da vida selvagem (Rempel *et al.*, 1997).

Introduzidos na biotelemetria em meados da década de 1990, os receptores GPS foram reduzindo o seu peso e tamanho e ganhando longevidade de funcionamento graças aos avanços tecnológicos. Estas melhorias vieram estender a aplicação destes sistemas a espécies mais pequenas (Hulbert, 2001).

Nos receptores GPS a duração das baterias é crítica em áreas com densa vegetação e topograficamente desfavoráveis, porque o tempo de pesquisa pelos sinais dos satélites é maior e, conseqüentemente, o consumo de energia dos dispositivos.

Os mais recentes avanços na telemetria por GPS verificaram-se com a introdução de novas funcionalidades, tais como:

- Mecanismo de solta automático – em que se evita de recapturar o animal para recuperar o dispositivo;
- Comunicação em dois sentidos – que permite a reconfiguração da programação, remotamente;
- Baterias substituíveis no terreno – que permite uma só captura do animal para substituir as baterias gastas, reduzindo o tempo de inoperacionalidade do receptor;
- Medidas de parâmetros biológicos – viabiliza estudos especializados que abrangam conhecimentos sobre a actividade/inactividade, a temperatura corporal, a tensão arterial, ou o ritmo cardíaco dos animais.

A recuperação dos dados pode fazer-se por três métodos:

1. Por armazenamento no transmissor para posterior descarregamento quando este for recolhido.
2. Descarregamento remoto para um receptor portátil.
3. Por transmissão via sistemas de satélites.

3.2.a) Armazenamento no transmissor

Os dispositivos com capacidade de armazenamento de dados reduzem a interferência das pessoas com os animais, requerendo apenas uma captura se estiverem instalados em colares com mecanismo de solta (Merrill *et al.*, 1998). Os dados são descarregados, assim, de uma única vez, para o equipamento de leitura. Outra das vantagens deste tipo de transmissores (receptor GPS) é ser mais pequeno dos que qualquer dos outros tipos de colares GPS.

A recuperação dos transmissores é muito importante no aspecto dos custos, porque permite a sua reutilização.

As desvantagens deste tipo de dispositivos com armazenamento de dados próprio é a possibilidade de perda ou falha no mecanismo de solta, bem como a impossibilidade de detectar avarias intercalares de funcionamento (Merrill *et al.* 1998).

3.2.b) Descarga remota dos dados via VHF/UHF

Os dispositivos com capacidade de descarga de dados são outro dos processos de leitura da informação registada. Este método permite que os investigadores tenham acesso aos dados através do descarregamento remoto (*downloading*), mesmo durante o estudo (Moen *et al.*, 1997).

Esta descarga é programada para que o transmissor envie a informação para um receptor por rádio frequência (VHF/UHF), de acordo com um plano pré-estabelecido (Moen *et al.*, 1997; Zimmerman *et al.*, 2001). O tratamento dos dados pode revelar a necessidade de alterações na programação ou até dar

indicações de eventos no terreno (morte do animal, abundância de comida, etc.). As alterações na programação apenas são possíveis com comunicação nos dois sentidos.

Uma importante funcionalidade destas unidades GPS é a possibilidade de retenção dos dados até que estejam asseguradas as condições ideais de transmissão, pois nem sempre estão disponíveis (Zimmerman *et al.* 2001).

A possibilidade de obter relatórios intercalares faculta a análise de dados durante os estudos que, conjugado com a retenção dos dados a longo termo, permite que os investigadores possam colmatar algumas lacunas de programação, antes da unidade ser recuperada (Moen *et al.*, 1997).

O elevado preço do equipamento, tanto dos transmissores como dos receptores e o tempo que os investigadores levam para obter os dados para os relatórios intercalares, apresentam-se como as principais desvantagens desta metodologia. Na obtenção dos dados, os investigadores deverão localizar-se, consoante os casos, num raio de acção que varia entre 5-20 kms para transmissão VHF e cerca de 15 kms em linha de vista, para transmissão em UHF (Rodgers *et al.* 1996).

3.2.c) Descarga remota dos dados via satélite

Este método de descarga dos dados evita que os investigadores não precisem de se deslocar ao terreno nem de usar receptores ou outro qualquer equipamento adicional para recolha dos dados intercalares (Moen *et al.*, 1996). No entanto, para se proceder a eventuais reprogramações é necessário adquirir um equipamento de comunicação com os transmissores. Complementarmente, estas unidades são mais complexas, e, por conseguinte, mais pesadas e de maior tamanho, comparativamente às usadas nos outros métodos, o que inviabiliza o seu uso em determinadas espécies animais (Moen *et al.*, 1996; Rodgers *et al.*, 1996).

Os meios de transmissão por satélite ao dispor que viabilizam o *download* da informação registada nos transmissores são:

- O serviço Argos – que abordaremos adiante, pois tem, também, capacidades de monitorização da vida selvagem;
- O serviço Iridium– cujos satélites giram em órbitas polares de baixa altitude (LEO-Low Earth Orbit);
- O serviço Globalstar – que assenta em satélites LEO, com inclinação e em satélites GEO (órbitas geoestacionárias);
- O serviço GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) – dedicado à meteorologia, mas que possibilita a descarga dos dados dos transmissores sem qualquer custo (pelo menos nos Estados Unidos).

3.2.d) Vantagens e desvantagens do sistema GPS

Apesar dos transmissores consumirem mais corrente, e, portanto, terem uma duração que pode atingir no máximo um ano (os transmissores VHF podem durar 4 anos), é inquestionável que se obtêm localizações dos animais com grande precisão (aproximadamente 5 metros), com ritmos que podem variar de alguns minutos até alguns dias e, ainda, com quaisquer condições de climatéricas (Moen *et al.* 1996).

Embora a telemetria por GPS seja relativamente recente, já bastantes estudos têm testado a eficácia e a precisão dos equipamentos, em diversos ambientes e em variadas aplicações (Zimmerman *et al.* 2001).

Em médios e grandes mamíferos, as mais recentes versões de transmissores em coleiras têm sido testadas com êxito (Moen *et al.*, 1997), permitindo, nomeadamente, que sejam acopladas ao animal em alturas em que as capturas são mais facilitadas, apesar dos registos serem programados para meses depois, através da funcionalidade do ciclo de serviço (*duty cycle*).

Aguarda-se que com o aumento previsível da utilização destes sistemas, novos equipamentos com novas funcionalidades surjam no mercado, abrangendo mais espécies animais e viabilizando condições para a redução dos preços.

O recurso a este sistema de rastreio não é, por enquanto, barato para aplicações que exijam poucos registos de dados ou em estudos de curta duração (Morton *et al.*, 2003). Já se justifica para projectos que envolvam abundantes quantidades de registos (elevado ritmo dos cálculos e grande número de animais, longa duração, etc.) porque se podem fazer análises correlativas de dados, o que não se consegue com os sistemas convencionais VHF.

Os preços dos transmissores GPS custam cerca de 10 vezes mais que um transmissor VHF (Morton *et al.*, 2003), podendo atingir valores proibitivos se estiverem equipados com todas as funcionalidades possíveis. As quantidades podem atenuar o custo/unidade, porque um mesmo receptor de leitura de dados e o mesmo programa (*software*) servem para todos os transmissores usados num mesmo estudo.

A favor, também, o facto dos transmissores poderem ser reutilizáveis por simples substituição das baterias ou do mecanismo de solta e dos custos logísticos, deslocação das equipas e equipamentos para o terreno, serem bastante reduzidos (Morton *et al.*, 2003).

Existem mesmo casos práticos que revelam aplicações GPS mais económicas do que os sistemas convencionais VHF ou a telemetria por satélite (Rodgers *et al.* 1996).

3.3 - O sistema por satélite Argos

O sistema Argos foi criado em 1978, pela CNES (Agência Espacial Francesa), pela NASA (Agência Espacial Americana) e pela NOAA (Administração Meteorológica Americana) (Argos, 2009a)

Actualmente pertence à CLS-América, que resultou da fusão de duas companhias - a Service Argos, Inc. e a North América CLS.

Este sistema apresenta funcionalidades bastante inovadoras possibilitando uma monitorização em tempo real. Têm sido introduzidas neste serviço, novas

funcionalidades, a mais recentes das quais, disponibiliza a comunicação das estações com os transmissores nos dois sentidos (Argos-3) (Argos, 2009b).

Os satélites do sistema Argos viajam em órbitas polares de baixa altitude, para viabilizarem uma taxa aceitável (menores perdas possíveis) nas leituras dos transmissores existentes nos animais, que estão limitados na potência do sinal a emitir, nos casos em que o seu tamanho e peso está condicionado pelas características das espécies mais pequenas (Priede *et al.*, 1988).

O sistema Argos tem sofrido, ao longo dos anos, actualizações funcionais, a primeira das quais no final da década da entrada em serviço, com a introdução do *Argos Data Collection* e *Location System*, que permitiram a compreensão das grandes rotas migratórias de várias espécies de aves e animais marinhos, contribuindo decisivamente para a sustentabilidade da sua gestão e consequente conservação (Howey, 1992). A mais recente funcionalidade introduzida foi a comunicação nos dois sentidos (transmissor-receptor e vice-versa), que proporcionou uma maior taxa de leituras válidas (eliminação de dados redundantes) e permitiu o recurso à programação *on-line* dos transmissores instalados nos animais, facultando aos investigadores alterações na configuração dos sistemas de monitorização, mesmo enquanto esta decorre (Priede *et al.*, 1988).

Os transmissores usados nos sistemas por satélite denominam-se PTT (*Platform Transmitter Terminal*) e enviam um sinal UHF para, pelo menos dois satélites do sistema que calculam a localização do animal através do chamado 'Efeito de Doppler' e enviam essa informação para estações terrestres, que por sua vez a reenviam para o equipamento dos utilizadores (Priede *et al.*, 1988).

Os PTT são programados para transmitir periodicamente um impulso com duração de 330 milissegundos com espaçamentos que podem variar de 50 a 90 segundos (Samuel e Fuller, 1996). A potência do sinal emitido por estes transmissores varia entre 250mW e 2W, para que chegue aos satélites que orbitam a uma distância entre 800 a 4.000 quilómetros (Howey, 1992).

Um PTT típico de coleira utiliza três baterias de lítio tipo-D que têm uma duração compreendida entre 3 e 12 meses, dependendo da programação dos ciclos de serviço (*duty cycles*) (Fancy *et al.* 1988).

Quanto mais espaçados forem estes ciclos menos registos se fazem, mas mais tempo duram as baterias; a relação é inversa (Priede *et al.*, 1988).

As principais vantagens deste tipo de telemetria reside no facto de permitir o rastreamento de espécies fugidias e de espécies de longos raios de acção (e. g. alguns mamíferos marinhos) e aves com grandes rotas migratórias ou até mesmo de espécies que utilizam *habitats* inacessíveis ao ser humano em certas épocas do anos (e. g. das calotes glaciares) (Priede, 1984). Teoricamente poderemos dizer que um animal, em qualquer ponto da Terra, pode ser rastreado por um investigador comodamente instalado no seu gabinete de trabalho (Priede, 1984).

Há ainda a vantagem do animal apenas ser manuseado (capturado, 'marcado' e libertado) uma vez, o que não só reduz os efeitos de *stress* como as deslocações ao terreno. É mesmo o único sistema capaz de assegurar o rastreamento de animais marinhos que atravessam o alto-mar (Priede *et al.*, 1988).

As capacidades dos PTT têm sido melhoradas através da implementação de novas funcionalidades de gestão no consumo das baterias, para além da já referida dos ciclos de serviço. Na verdade, a inclusão de células fotovoltaicas e de sensores de ligação/corte de corrente, têm proporcionado maior autonomia destes equipamentos (Keating *et al.* 1991).

Existem modelos, utilizados em mamíferos marinhos que apenas se activam quando os animais emergem, de forma a facultar o envio dos dados recolhidos no período de imersão (e. g. temperatura da água, profundidades utilizadas, temperatura corporal, etc.) (Taillade, 1992).

A telemetria por satélite apresenta, contudo, menos precisão nas localizações do que os sistemas GPS e os sistemas convencionais VHF. Frequentemente, regista localizações que variam entre uma centena de metros e muitos quilómetros de tolerância (Keating *et al.* 1991). Existem quatro níveis de precisão

nas localizações (0-3) caracterizados pelos valores previsíveis, antes dos dados serem recebidos pelos investigadores (Taillade, 1992).

Estas baixas precisões são aceitáveis, como se disse, para espécies que apresentam vastas áreas de uso ou grandes distâncias de rotas migratórias, mas são inaceitáveis em espécies com comportamentos antagónicos, em que as áreas de uso são restritas (Tomkiewicz *et al.*, 1987).

Outro dos inconvenientes destes sistemas é que se torna impossível rastrear os animais a partir do terreno, a não ser que um transmissor VHF seja instalado com o PTT, o que é vulgar, porque permite a recuperação deste para eventual reutilização.

As passagens dos satélites Argos têm apenas o tempo aproximado de 12 minutos para a leitura dos dados de um PTT, pelo que este dispositivo tem de ser programado, não só para enviar toda a informação nesse intervalo, como para reconhecer os momentos das passagens (Priede *et al.*, 1988).

Existem ainda outros satélites ao serviço das espécies animais - Hermes (Projecto Ícarus) vocacionado para o estudos das aves e suas rotas migratórias e o Iridium (Swenson *et al.*, 2004).

3.4 - Outros sistemas

3.4.a) Sistemas de localização global

Embora pouco conhecido, o Sistemas de Localização Global (GLS - Global Location Sensor) podem ser uma alternativa aos sistemas por satélite, embora assentem num princípio de funcionamento diferente (Jeffries *et al.*, 1995). Não podendo ser considerados como um sistema de telemetria, fornecem informação muito similar, e, embora possuam uma precisão de localização ainda pior que os sistemas por satélite, apresentam uma vantagem eloquente: o serem muito mais baratos (Wilson *et al.*, 1986).

Estes sistemas consistem apenas nos dispositivos que são acoplados aos animais, não havendo qualquer tipo de transmissão de dados. A localização dos

animais é calculada com base na intensidade da luz ambiente, na hora do dia e na estação do ano, sendo armazenada nos próprios dispositivos (Jeffries *et al.*, 1995). A sua leitura só se consegue se estes forem recolhidos, o que implica a recaptura dos animais, pois doutra forma os dados perdem-se. Apenas são possíveis dois cálculos de localização por dia, podendo a duração do funcionamento atingir 220 dias (Jeffries *et al.*, 1995).

A sua aplicação está restrita a espécies animais que habitem locais remotos (p. e. ursos polares) ou tenham grandes amplitudes de rotas migratórias (p. e. albatrozes gigantes) (Jeffries *et al.*, 1995).

3.4.b) Sistema de navegação Loran-C

Os sistemas de rádio localização Loran-C, embora criados para a navegação, ainda se utilizaram em algumas situações de monitorização da vida selvagem, em aplicações que exigiam grandes quantidades de registos, ou por serem muito pouco espaçados, ou por abrangerem uma grande quantidade de animais ou, ainda, por a monitorização apresentar continuidade temporal em projectos com carácter permanente (Wisdom, 1996).

Utiliza frequências médias entre 30KHz – 300KHz (*MF-Medium Frequency*).

Uma aplicação bem conhecida destes sistemas encontrava-se até há bem pouco tempo (2006) ao serviço do *Starkey Project, Oregon* – EUA, sobre a qual nos debruçaremos à frente, como caso de estudo (Wisdom, 1996). Com o desenvolvimento dos sistemas GPS, o Loran-C tem vindo a ser preterido.

3.5 - Análise comparativa dos sistemas

3.5.a) Telemetria VHF vs. GPS e por satélite

Já abordámos a característica transversal da tecnologia VHF, no sentido de posicionar os sistemas que a utilizam como úteis e insubstituíveis, pelo menos a curto prazo, em determinadas aplicações.

A verdade, em situações próprias, caracterizadas pelo comportamento e/ou morfologia de certas espécies animais, os sistemas VHF são os únicos capazes de responder aos anseios dos investigadores (Samuel e Fuller, 1996).

Iremos ter oportunidade de mais adiante – nas Aplicações - especificar melhor a razão pela qual ainda se recorre a estes sistemas, que desde a introdução da telemetria no estudo da vida selvagem (meados do século passado) assumiram um papel exclusivo, durante décadas.

3.5.b) Telemetria por satélite vs. Telemetria por GPS

Ao contrário da telemetria por GPS, a telemetria por satélite utiliza um dispositivo nos animais que funciona como transmissor, enviando informação para os satélites, que por sua vez a reenviam para uma Estação Terrestre (Argos, 2009b).

Na telemetria por GPS são os satélites que funcionam como transmissores enquanto o dispositivo nos animais actua com receptor (embora o termo 'transmissor' lhe continue a ser associado) (French e Goriup, 1992). O cálculo da localização é feito com base nas posições dos satélites (mínimo três) e do tempo gasto por cada sinal enviado de cada satélite. Os dados registados poderão, então, ser descarregados por via remota, ou armazenados para serem lidos quando o transmissor no animal for recolhido (Argos, 2009b).

4 - SOLUÇÕES: CONFIGURAR UM SISTEMA

A escolha de um sistema de monitorização e a sua configuração são determinadas, essencialmente, pelos objectivos do estudo que aquele pretende servir. Os parâmetros a medir, a duração do estudo e o número de animais a monitorizar são os aspectos mais relevantes na decisão da escolha, se não se apresentarem limitações do ponto de vista dos custos associados.

Os comportamentos, que devem ser conhecidos, das espécies alvo poderão condicionar também, como vimos, a escolha do sistema privilegiando a utilização da tecnologia mais adequada.

4.1-Métodos de acoplamento: os implantes

Tradicionalmente, a localização dos animais (rastreamento) foi, e ainda é, a informação mais reclamada para o conhecimento das espécies animais selvagens (Wilson *et al.*, 1994). Por via indirecta, esta funcionalidade permite identificar situações de inactividade/actividade e morte, em virtude dos avanços tecnológicos dos sistemas de transmissão (Wilson *et al.*, 1989).

Os métodos de acoplamento têm aparecido como fruto da imaginação dos investigadores e técnicos, para resolver problemas práticos, pelo que estão muito associados às espécies objecto de estudo, sendo mesmo exclusivos de algumas delas (Garshelis e Siniff, 1983; Reid *et al.*, 1986). O método mais vulgarizado é o acoplamento por coleiras, derivado do facto de terem sido os mamíferos terrestres de médio e grande porte, as espécies tradicionalmente mais interessantes para os biólogos.

Consumados os procedimentos de acoplamento, o animal é reconhecido como estando 'marcado' (*marked*), sendo esta designação familiar aos técnicos que intervêm na monitorização dos animais

Se num estudo for determinante a medição de outros parâmetros (e. g. fisiológicos, etc.), a utilização de transmissores implantáveis torna-se imprescindível, embora hajam aplicações de medição do ritmo cardíaco de

animais, utilizando o método de colagem com adesivos especiais (Wilson *et al.*, 1994). Contudo, os transmissores de implante, apresentam limitações no seu raio de acção (reduzida potência do sinal) derivado de, na maioria dos casos, terem de ser leves e pequenos. Por isso, quando tal for exequível, a utilização de um segundo transmissor, acoplado por outro método, para servir de repetidor (amplificador do sinal a emitir) acaba por ser uma solução aceitável que já tem sido usada em estudos com mamíferos (Walter *et al.* 2004).

A implantação é um método de acoplamento que tem sido alvo de grande atenção por parte dos investigadores que vêem nele importantes e inovadoras capacidades de aquisição de novos dados sobre os animais selvagens (Howey *et al.*, 1987; Morton *et al.*, 2003).

Inicialmente, este método foi aplicado em espécies com comportamentos e morfologia específicos, por razões de conveniência. Os pequenos anfíbios e répteis rastejantes estão entre os primeiros animais rastreados com equipamentos de implante (Jocle *et al.*, 1987; Klugman e Fuller 1990). Mas, pelas razões de conveniência referidas, os objectivos da sua utilização estavam geralmente limitados a funções de localização/identificação em áreas de uso restritas.

Com o desenvolvimento tecnológico, começaram a aparecer equipamentos transmissores com sensores integrados, a par de uma maior autonomia das baterias e do aumento do raio de acção, graças ao aperfeiçoamento nas capacidades das antenas de emissão (Guynn *et al.*, 1987).

Generalizaram-se, assim, as aplicações dos implantes, tendo-se já obtido resultados interessantes sobre a sua utilização em praticamente todas as espécies animais rastreáveis, dada a importância das medidas dos parâmetros fisiológicos nos objectivos de cada vez mais estudos (Davis *et al.*, 1984; Reid *et al.*, 1986).

Aves e mamíferos de todos os tamanhos, anfíbios, répteis e peixes, têm sido alvo da aplicação deste método de acoplamento.

De uma maneira geral, têm-se vulgarizado quatro tipos de implantes:

1. –Gástricos: São introduzidos no estômago dos animais, tendo sido vulgarizado em peixes (são geralmente localizados no segundo terço do estômago) e no gado doméstico ruminante (sendo localizados no

retículo e conhecidos como 'bolos reticulares') (Fonseca *et al.*, 2001). Têm, normalmente, funções de identificação. Não são considerados implantes cirúrgicos, mas a sua colocação requer cuidados especiais, no sentido de reduzir a probabilidade de regurgitação, principalmente nos peixes (Kuechle *et al.*, 1987).

2. –Subcutâneos: Aplicados na hipoderme (*subcutis*), exigem uma intervenção fácil e podem aplicar-se em muitas espécies animais. Os mais vulgarizados são os PIT (Passive Implantable Transponders) que não precisam de baterias, sendo o equipamento de leitura a energizá-los para que revelem a identificação armazenada no *microchip* (Cirovic *et al.*, 2007). A sua aplicação é por processo injectável não precisando de cirurgia. Existem outros implantes com funcionalidades complexas (medidas de parâmetros fisiológicos, de biopotenciais, etc.) dispendo de antenas com raios de acção que viabilizam ligações directas aos receptores através de *links* de transmissão VHF/UHF.
3. –Abdominais: Podem apresentar funcionalidades similares aos subcutâneos, sendo mais complicado o processo de acoplamento, por envolver uma cirurgia mais complexa, pois além da pele, é necessário que a incisão atravessasse também o peritónio (Reid *et al.*, 1986; Guynn *et al.*, 1987). O recurso a equipas veterinárias é necessário neste tipo de acoplamento, sendo aconselhável nos subcutâneos.
4. –Intra-uterinos: São utilizados mais com objectivos de controlo dos nascimentos das crias em mamíferos de médio e grande porte, para efeitos de avaliação de causas de mortalidade juvenil e capacidade reprodutiva das populações (Walter *et al.* 2004). Na maioria dos casos utilizam-se transmissores em coleiras com maior raio de acção, para facilitar a localização das fêmeas, já que os implantes intra-uterinos não devem ser providos de antena externa para diminuir a

probabilidade de serem expelidos antes do parto. Não são considerados implantes cirúrgicos, embora a sua colocação exija, como nos gástricos, cuidados especiais.

Com a experiência, as perdas de equipamentos têm diminuído drasticamente, também à custa da divulgação das metodologias utilizadas nos diversos estudos (Jocle *et al.*, 1997). Estes factos, têm poupado muitos gastos desnecessários providenciando uma melhor gestão dos recursos financeiros.

Muitos estudos (Reid *et al.*, 1986; Guynn *et al.*, 1987; Jocle *et al.*, 1997), têm abordado a utilização de vários tipos de implantes entre si, e, entre estes e outros métodos de acoplamento, em muitas espécies animais, conseguindo fazer análises comparativas, donde se têm retirado conclusões importantes.

Embora tenhamos vindo a referir-nos, também, a transmissores em coleiras, abordaremos, no Capítulo-5 das Aplicações, os métodos de acoplamento mais vulgarizados.

4.2-Duração do estudo

É muito importante compatibilizar as especificações técnicas dos equipamentos a instalar nos animais com o tempo previsto para a obtenção dos dados e, preferencialmente, garantir uma margem de segurança (Cochran, 1980; Kussendrager *et al.*, 1980).

Dados insuficientes transformam um projecto interessante num fracasso e a recaptura dos animais podem submetê-los a condições de *stress* suplementares que podem subverter esses dados, para além de consumirem o dobro dos recursos previstos (Kussendrager *et al.*, 1980).

Inicialmente, esta problemática estava associada, unicamente, à especificação das baterias, e, subsequentemente ao seu tamanho.

Como se referiu, com a introdução do conceito de ciclo de serviço (*duty cycle*) poderemos gerir o consumo dos transmissores, programando as alturas do seu funcionamento, tanto no começo do projecto como no seu decurso

(Kussendrager *et al.*, 1980). Esta gestão será sempre determinada pela quantidade e qualidade razoáveis de dados que garantam o sucesso dos resultados obtidos.

4.3-Número de animais a monitorizar

Se por um lado é fácil compreender que quanto maior for o número de animais monitorizados maior será o investimento num sistema, por outro lado, só os objectivos do estudo determinarão qual será o patamar de equilíbrio entre os dois 'pratos da balança'.

Se o estudo exigir a monitorização de grupo(s) de controlo (técnica comparativa) ou, por outro lado, abordar relações intra ou inter-específicas (simpatria), deverão ser mais cuidados os aspectos referentes ao dimensionamento das amostras populacionais, para se prosseguirem os objectivos de obtenção de resultados o mais fiáveis possível (Cochran, 1980).

4.4-A componente espacial

A área vital dos animais selvagens é bastante variada de espécie para espécie podendo estar compreendida entre amplitudes de algumas dezenas de metros quadrados (pequenos mamíferos, répteis e anfíbios terrestres) até dezenas de milhares de quilómetros quadrados (caso das algumas aves migratórias, peixes, répteis e mamíferos marinhos) (Folknow e Blix, 1992).

A utilização do rastreamento por satélite em espécies sedentárias, com áreas de uso pequenas, só poderá ser viável se, no futuro, se conseguir maior precisão na localização, com esta tecnologia (Folknow e Blix, 1992).

Como foi referido anteriormente, os sistemas de satélite apresentam menos precisão dos que os sistemas GPS, pelo que deverá ser conveniente avaliar cada situação em concreto.

Os sistemas convencionais VHF, ainda são recrutados com vantagem, em casos com pequenas áreas de uso, onde as funcionalidades requeridas pelos estudos se restringem à localização/identificação dos animais (Howey *et al.*, 1989).

4.5-Relação Custo/Benefício

A telemetria ainda é uma ferramenta cara, salvo algumas soluções convencionais em VHF que poderão permitir investimentos mais acessíveis, mas que a médio/longo prazo se tornam exigentes a nível logístico (Rodgers, 2006).

A preferência pelos sistemas de satélite e GPS, em detrimento dos convencionais e mais intrusivos sistemas VHF, só se verificará quando aqueles equipamentos atingirem preços mais acessíveis.

Por isso, é natural que os biólogos hesitem em utilizar soluções técnicas avançadas nos seus projectos quando os recursos financeiros são limitados. Ficarão, desta forma, prejudicados os objectivos do estudo, realizando-se uma publicação científica de menor profundidade e consequentemente de mais baixo valor económico. A produção de ciência representa cada vez mais um património valioso, pela utilidade que pode vir a ter noutros projectos em qualquer parte do mundo (Morton *et al.* 2003).

A globalização permite à produção científica uma ampla divulgação, disponibilizando-a a um 'mercado global' que terá interesse, em consumir resultados bem sucedidos de experiências alheias, que mesmo comprados, resultam em factores de poupança.

Se os biólogos não puderem reduzir a parcela dos custos, é importante que valorizem os benefícios do projecto com argumentação científica bem sustentada. Desta forma, reduzirão substancialmente a relação custo/benefício, viabilizando o interesse dos organismos, privados ou públicos, que investem em ciência.

5 - APLICAÇÕES: ESPÉCIES VOADORAS, AQUÁTICAS E TERRESTRES

As aplicações de sistemas de monitorização na vida selvagem tem tido uma proliferação enorme, tendo sido divulgados pareceres e conclusões interessantes, principalmente da área da Ecologia (Kussendrager *et al.* 1980; Morton *et al.* 2003).

Nem de todas as aplicações se obtiveram os resultados esperados, mas achamos que a utilização destas ferramentas tecnológicas se tem revelado muito positiva para os investigadores.

Como atrás referimos, as experiências, métodos, análises e conclusões de muitos estudos já realizados e outros em permanência, têm ajudado na configuração de novos estudos com novos objectivos, ou até mesmo (quando se torna essencial) na confirmação de resultados já obtidos utilizando outras metodologias ou outros espaços.

Achamos, por isso, que será de todo o interesse, sintetizar os critérios gerais aplicáveis a espécies e trazer aqui estudos de referência que utilizaram e utilizam a telemetria para o desenvolvimento da Biologia, produzindo matéria de grande valor científico.

Uma das primeiras questões que se levanta aos investigadores na selecção de um sistema de monitorização é se a informação a recolher, pode ser feita de forma passiva ou activa. Isto é, pode ser armazenada no dispositivo que se instala no animal e lida no final da monitorização (*archival tags*), ou, por outro lado, é necessária durante o período em que aquela decorre (*transmitting tags*) (Morton *et al.* 2003).

A identificação correcta deste aspecto influencia decisivamente a tecnologia e o sistema a utilizar.

Os dispositivos de armazenamento estão mais vocacionados para situações em que os mesmos possam ser recuperados no final da monitorização, pois não será lógico dotá-los das funcionalidades de transmissão remota, se esta for dispensável.

Assim, terão de ser verificadas, na prática:

- A compatibilidade com a espécie em estudo;
- A eventual facilidade de recaptura do animal ou de adaptação do mecanismo de solta do dispositivo.

Deverá, também, ser considerado o risco de avaria do equipamento, pois durante o período de monitorização não é possível detectar possíveis falhas, obrigando a que se reinicie o procedimento com as consequentes perdas de tempo (Morton *et al.* 2003).

5.1-Espécies voadoras

Existe uma grande diversidade de espécies no grupo dos animais com capacidades de voo, e, conseqüentemente, enormes diferenças, tanto comportamentais como morfológicas.

Estudos que requisitem apenas dados relativos a movimentações restritas, são bem servidos com a utilização dos tradicionais localizadores VHF (*beepers*).

Os identificadores (com código) VHF serão mais ajustados ao fornecimento de informações relacionadas com ausência/presença dos animais (visitas a uma colónia, passagem em pontos de rotas migratórias, etc.), bem como quando se pretender fazer a identificação por meios aéreos.

Os dispositivos de localização global (geolocalizadores) apresentam-se, também, como alternativa no estudo das rotas migratórias das espécies de menor porte (Wilson *et al.*, 1986).

Os geolocalizadores, podem associar funções de registo, sobre a temperatura e profundidade das águas, contribuindo para revelações importantes do comportamento das aves mergulhadoras. Os sistemas de localização por satélite Argos são, também, uma alternativa nos estudos sobre as rotas migratórias da generalidade das aves.

Seguidamente são apresentados vários exemplos de aplicações destas tecnologias em diversas espécies voadoras, desde os invertebrados (insectos) aos vertebrados (aves e mamíferos).

5.1.a)-Insectos

Devido ao seu relativo pequeno tamanho e aplicados a áreas de uso restritas, localizadores leves com tecnologia VHF (*beepers*), servem geralmente os propósitos dos estudos sobre os movimentos dos insectos (Morton *et al.* 2003).

Ao pretenderem-se registos sobre rotas migratórias (passagem num determinado ponto) ou sobre presença/ausência (visitas a uma colónia, tempo gasto por pestes numa colheita, etc.) a utilização de transmissores VHF com codificação, são os mais aconselhados para prevenir perdas de eventos (Morton *et al.* 2003).

Em insectos, conhecem-se aplicações em várias espécies entre as quais no escaravelho-japonês (*Popillia japonica*) que foi introduzido nos Estados Unidos e rapidamente se tornou numa praga causando avultados prejuízos em diversas culturas, nomeadamente em vinhas, plantações de cana e em flores, como as rosas e buganvílias (género *Lagerstroemi*) (Canadian Food Inspection Agency, 2007).

5.1.b)-Aves

- Tartaranhão-caçador (*Circus pygargus*)

Uma aplicação do sistema de satélite Argos, no estudo das rotas migratórias do tartaranhão-caçador ou águia-caçadeira (*Circus pygargus*), foi efectuada pela Dansk Ornitologisk Forening (2006).

Foram acoplados às aves de rapina, pelo método de aperto por cintas (*harness*), transmissores PTT (*Plataform Transmitter Terminal*), tendo sido usadas na fixação cintas de *teflon* com três laços, um à volta do pescoço e dois, um em

cada asa, sem qualquer fita sobre os ombros, para não dificultar o voo. Estes laços eram interligados sobre o peito por meio de um nó com folga.

Os transmissores usados (*Microwave PTT-100*) pesavam 12 grs e as pilhas eram recarregadas por células solares, com uma duração prevista de três anos.

No período de incubação das fêmeas as baterias não carregavam suficientemente, pelo que, durante algumas semanas não foi possível efectuar recolhas de dados. Na migração (figura 5.1.1) e sob condições de luz intensa o desempenho dos PTT's foi óptimo.

Na Europa a precisão dos sinais trouxe alguns problemas dada a quantidade de sistemas de radiação existentes. Sobre o Mediterrâneo os sinais também apresentaram fraca qualidade devido ao ruído provocado pelas comunicações militares.

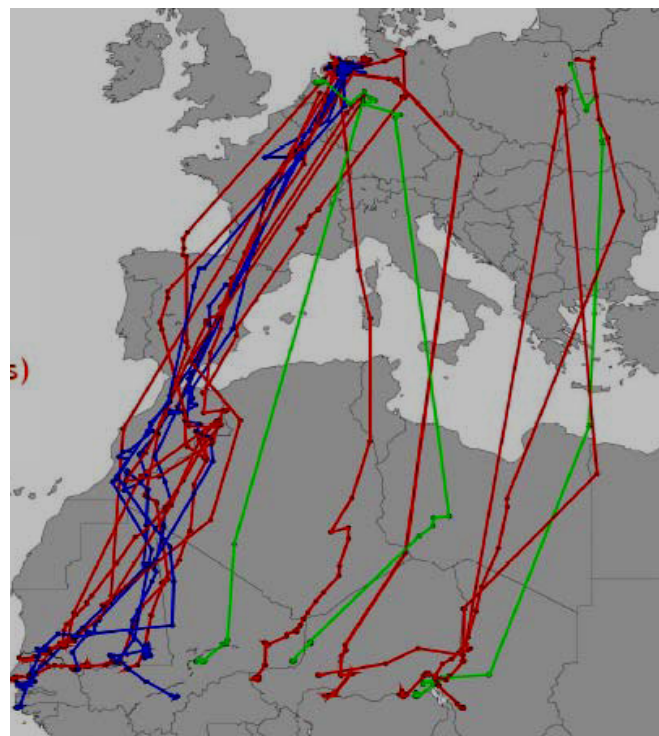


Fig 5.1.1 - Migrações das águias-caçadeiras, documentadas pela telemetria por satélite (2005/2007). (Encarnado – fêmeas; Azul – machos; Verde – juvenis). Adaptado de Dansk Ornitologisk Forening-DOF (2006).

Em África não se constatarem quaisquer problemas deste tipo. Em 2008 foram utilizados, exclusivamente, transmissores com ciclo de operação *on-off* 6:16, o que permitiu, quando as condições eram boas, receber sinais diariamente. (Dansk Ornitologisk Forening, 2006).

- Alcatraz australiano (*Morus serrator*)

Uma outra aplicação, com dispositivos GPS, foi feita em alcatrazes australianos (*Morus serrator*), na colónia de Cape Kidnappers na Nova Zelândia (Sirtrack, 2009).

Os equipamentos utilizados (μ GPS *data loggers* da Sirtrack) são registadores de dados que podem armazenar até 550 localizações com uma única carga da bateria. Existem duas versões, destes registadores GPS, uma pesa 22grs e a outra 24grs, sendo vocacionados para aplicações em aves de grande porte (>800 grs) (Sirtrack, 2009).

As baterias são recarregáveis (*Lithium Polymer Rechargeable*) sendo a duração dependente dos ciclos de operação (*duty cycles*) programados.



Fig 5.1.2 - Ilustração de um dos receptores GPS utilizados. Adaptado de Sirtrack (2009).

5.1.c)-Mamíferos

- O morcego-de-Indiana (*Myotis sodalis*)

Um outro grupo de espécies voadoras que tem merecido a atenção dos investigadores, são os morcegos (Lancaster *et al.*, 1992).

Estes mamíferos, pelos seus hábitos noturnos, pelos espaços sombrios, ocultos e de difícil acessibilidade que utilizam (BMC-Bat Conservation and Management, 2009), têm uma biologia pouco conhecida que tem despertado o interesse da comunidade científica. Os transmissores adequados para este tipo de animais terão de ser forçosamente leves (< 1 grama) dado o reduzido peso e corpulência das espécies em questão.

Analogamente às aplicações para aves pequenas, os dispositivos mais vocacionados para monitorizar estes mamíferos voadores são os localizadores VHF (*beepers tags*) ou os identificadores com a mesma tecnologia (*coded VHF tags*) (Sirtrack, 2009).

O morcego-de-Indiana (*Myotis sodalis*) nos Estados Unidos da América, tem sido alvo de estudo, que tem como objectivos rastrear a suas rotas migratórias fora da hibernação e as áreas descanso no Verão (BMC-Bat Conservation and Management, 2009).



Fig 5.1.3 - O acoplamento dos transmissores é feito normalmente com fita adesiva especial depois de se rapar a pelagem na área de aplicação; a 'marcação' pode incluir, também, anilhagem fluorescente. Adaptado de BMC-Bat Conservation and Management (2009).

5.2-Espécies aquáticas

Nas espécies aquáticas são viáveis, frequentemente, aplicações com dispositivos de armazenamento (*archival tags*), que registam dados sobre indicação horária, temperatura e profundidade (Mate, 1989; Gearin *et al.*, 1995).

Estas informações respondem aos objectivos de muitos estudos, e, a escolha deste tipo de equipamentos deve apresentar-se como uma opção válida quando as condições de exequibilidade assim o permitirem.

No que diz respeito aos transmissores, além dos que emitem sinais rádio, deverão ser considerados como alternativa vantajosa os que emitem sinais sonoros (acústicos), porque a água favorece a transmissão deste tipo de sinais (Fink, 1975).

Para situações específicas são utilizados transmissores combinados (rádio/acústicos), que se justificam quando uma espécie frequenta vários ambientes aquáticos (e.g. águas de superfície e águas profundas, água salgada e água doce, etc.).

Nestes ambientes, a condutividade da água (apresentada em Siemens/metro ou submúltiplos) varia bastante, tornando vantajosa a utilização de transmissores com esta dupla função.

Por exemplo, a água do mar apresenta menor condutividade do que a água doce, favorecendo esta a utilização de transmissores rádio e aquela os acústicos (Fink, 1975).

No entanto, quando a profundidade é um factor presente, mesmo em ambientes de água doce, justifica-se a opção pelos transmissores acústicos.

No subcapítulo das espécies aquáticas é imprescindível fazer referência ao projecto europeu FADIO que envolve os ecossistemas pelágicos (*Fish Aggregating Devices as Instrumented Observatories of pelagic ecosystems*).

A criação deste projecto responde a dois objectivos principais, de molde a transformar os FAD's (*Fish Aggregating Devices*) em observatórios dos ecossistemas pelágicos:

1. O desenvolvimento de protótipos – novos dispositivos electrónicos e bóias com instrumentação, para observar os agregados de peixes junto aos FAD's.
2. A melhoria do conhecimento sobre os comportamentos dos peixes pelágicos junto dos FAD's.

O *WP2 (Work Package-Two)* é um dos nove grupos de trabalho criados no âmbito do projecto, ao qual está cometida a responsabilidade do desenvolvimento de novos dispositivos electrónicos (FADIO, 2009).

Estão em desenvolvimento quatro tipos de equipamentos, capazes de fornecer informação sobre aspectos alimentares e quaisquer outros eventos nas proximidades dos peixes 'marcados':

1. Uma dessas unidades (*Stomach Acidity Tag*) tem como objectivo medir o pH no estômago dos peixes, para o relacionar com o seu comportamento alimentar;
2. A digestão dos alimentos é processada por outra unidade (*Stomach Motility Tag*) que através de uma pastilha piezo-eléctrica converte as contracções do estômago em sinais eléctricos e os armazena numa memória digital;
3. Uma terceira unidade a ser desenvolvida é um hidrofone de banda larga (*Bioacoustic Probe*), para gravar os sons do ambiente. Os testes realizados, com tubarões, já permitiram registar uma elevada gama de sons, incluindo os batimentos cardíacos do animal, a sua actividade alimentar e o ruído dos motores das embarcações próximas;
4. A última unidade é um acelerómetro (*3-D Accelerometer Tag*) para medir os ritmos de energia dispendidos pelos peixes. Testado com tubarões, já foram recolhidos dados indicando picos de actividade diários, destes animais, de manhã e ao anoitecer.

O desenvolvimento destes novos equipamentos sustenta-se na relação muito próxima entre o comportamento e a fisiologia das espécies (FADIO, 2009).

Pretende-se, assim, responder a velhas questões sobre a relação comportamental com a caça, a alimentação e a energia gasta para uma bem sucedida captura alimentar.

Todas as quatro unidades em desenvolvimento estão concebidas para serem implantadas no estômago dos peixes através de um tubo apropriado introduzido pela boca.

Dos testes realizados, os dispositivos foram, naturalmente, regurgitados pelos animais, ao fim de poucas semanas.

Complementarmente, este grupo de trabalho levou a cabo experiências com os sons emitidos pelo atum-amarelo (*Thunnus albacares*) em cativeiro e no alto-mar em *FAD's* de deriva, com vista a suportar os desenvolvimentos sobre os hidrofonos (FADIO, 2009).

Os equipamentos de medida instalados em cada *FAD* de deriva, foram:

- receptores acústicos VR2 e VR3 (Vemco);
- e um receptor GPS dentro de um frasco estanque de vidro.

À volta de um dos *FAD's*, localizado perto da 'plataforma-Seychellois' (Seychelles, Oceano Índico), conseguiu-se uma reunião de inúmeros animais: milhares de indivíduos de espécies de pequeno e médio porte, cerca de uma centena de tubarões e mais de dois mil atuns de várias espécies, a profundidades superiores a 60 metros.

5.2.a)-Crustáceos

- Lagosta (*Jasus edwardsii*)

Embora não se identifiquem muitas aplicações em crustáceos queremos revelar aqui, pela sua originalidade, a utilização de transmissores acústicos em lagostas (*Jasus edwardsii*) (Freeman, 2008). Este estudo teve como objectivo a descrição comparada, sobre a ecologia destes crustáceos em locais onde era permitida a captura e os locais de protecção. Além dos transmissores acústicos, foram utilizados, um receptor e um hidrofone do fabricante canadiano Vemco. Os animais foram também etiquetados com barras *TBA* da Hallprint™.

5.2.b)-Peixes

Um projecto de grande dimensão, que utiliza a telemetria como uma das ferramentas de gestão é o da bacia hidrográfica do Rio Columbia, nos Estados Unidos da América. Com mais de 400 barragens é o maior sistema hidroeléctrico do mundo, fornecendo quase metade da energia consumida neste país (World Commission on Dams, 2000).

Os seus recursos piscícolas são, como se pode deduzir, de uma amplitude e importância estratégica incalculáveis.

O equipamento de telemetria utilizado (da Lotek™), além de transmissores com codificação digital, inclui receptores das famílias SRX e DRX. Com este sistema podem ser identificados centenas de peixes utilizando a mesma frequência de sinal.

Mais recentemente, com a utilização de uma nova família de transmissores mais pequenos (*NanoTag*), começaram a ser rastreados os peixes mais pequenos (e.g. salmonetes com menos de um ano).

Pela primeira vez, foi possível acompanhar com sucesso, a migração para o mar de mais de quarenta mil salmonetes, graças à informação fornecida pelos peixes 'marcados' com estes dispositivos (World Commission on Dams, 2000).

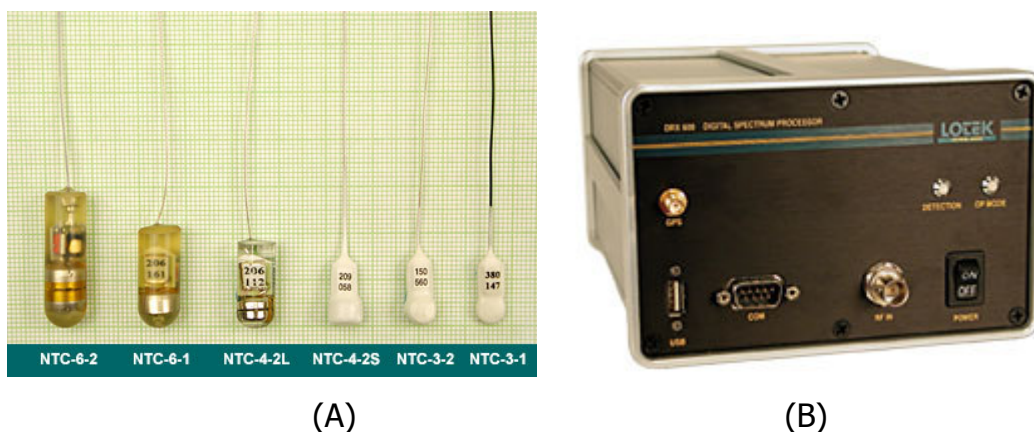


Fig 5.2.1 - (A)-Família dos transmissores *NanoTag*, (B)- DRX 600 Digital Spectrum Processing Receiver. Adaptado de Lotek™ (2009).

- Salmão-*coho* (*Oncorhynchus kisutch*)

Uma outra espécie, também com enorme importância económica, é o salmão-prateado, ou salmão-*coho* (*Oncorhynchus kisutch*) do Alasca, que tem sido também monitorizado por telemetria (Advanced Telemetry Systems, 2005a). O sistema fornecido pela ATS inclui, transmissores gástricos com codificação (*F1845 - Implantable Coded Fish Transmitters*) e receptores automáticos de dados (*R4500C - Scientific Receiver*) que funcionam em estações não assistidas. Os transmissores incorporam um esquema de código único para reduzir o número de frequências que é necessário identificar pelos operadores do equipamento. Estes dispositivos estão equipados com um detector que identifica os movimentos e actividade dos peixes, bem como a sua morte. São instalados com muito cuidado no estômago dos exemplares adultos para diminuir a taxa de regurgitação (Advanced Telemetry Systems, 2005b). Existem cinco torres fixas onde funcionam os receptores que estão ligados a um sistema de antenas duplo. Nestes locais está também instalado um sistema de alimentação em corrente contínua, que é carregado por meio de dois painéis solares.



Fig 5.2.2 - Detecção com antena de baliza *yagi* de 4 elementos. Adaptado de ATS (2009).

Os receptores fazem o varrimento (*scanning*) das frequências emitidas pelos transmissores acoplados nos peixes e, automaticamente, registam na sua memória interna a informação de cada um, bem como o tempo que cada peixe demora a passar pelo local de monitorização (na esperança de, através deste meio, se identificarem as águas da desova).

Os receptores têm capacidade de minimizar os dados não úteis, através de um processamento digital dos sinais (*DSP-Digital Signal Processing*), que reduz o indesejável ruído de fundo (Advanced Telemetry Systems, 2005a).

Além das estações de monitorização fixas, também se realizaram operações, a pé, de barco e aéreas, de forma a complementar as sinergias do projecto. As operações aéreas permitiram a recolha de dados onde não era viável a monitorização pelas estações fixas. Assim, estas operações foram executadas recorrendo a um avião Cessna 172 onde foi instalado um sistema de recepção (ATS) composto por duas antenas *yagi* de 4 elementos, duas estruturas adaptadoras, um receptor R4500C, uma caixa selectora de antena e cabos coaxiais de ligação.

As populações de salmão no Alasca têm sido geridas com base nos dados recolhidos com este sistema de telemetria, nomeadamente, as decisões sobre a proibição ou abertura da pesca (Advanced Telemetry Systems, 2005b).

5.2.c)-Répteis

- Tartaruga-comum (*Caretta caretta*)

As tartarugas são, entre os répteis, os animais cujos comportamentos, talvez mais atenção tenham merecido da parte dos biólogos, principalmente as marinhas, pelo desejo de se conhecerem e explicarem melhor as suas rotas migratórias (Hays, 1992).

De entre muitos casos de estudo optámos pelo da tartaruga *Tarly* (assim baptizada), que é uma tartaruga-comum fêmea (*Caretta caretta*).

A história (científica) de *Tarly* começa em Novembro de 2007 quando deu à costa em *Baylys Beach* no noroeste da Nova Zelândia, em mau estado de saúde, bastante ferida, exausta, magra e desidratada. Passados 14 meses, graças aos esforços e dedicação de uma vasta equipa do *Kelly Tarlton's Antarctic Encounter Rescue and Rehabilitation Centre* em Auckland, seria libertada com um transmissor PTT da *Sirtrack* (modelo *KiwiSat 101 Argos PTT*), que foi acoplado no dorso da carapaça por colagem e protegido com uma tinta anti fungo.

É este dispositivo que através dos satélites Argos, envia os dados da localização do animal, para que em qualquer computador usando *interface* com o *Google Earth*, os investigadores consigam, comodamente, visualizar o seu trajecto (Sirtrack, 2009).

5.2.d)-Mamíferos

- Programa de Telemetria de Grandes Baleias-Açores (Departamento de Oceanografia e Pescas, 2009).

Em Portugal, mais propriamente no arquipélago dos Açores, existe um Programa de Telemetria por Satélite de Grandes Baleias que incide sobre três das espécies de rorquais (Família *Balaenopteridae*) que normalmente frequentam as águas daquele arquipélago: a Baleia-azul (*Balaenoptera musculus*), a Baleia-comum (*Balaenoptera physalus*) e a Baleia-sardinheira (*Balaenoptera borealis*).

Este Programa faz parte de um outro mais vasto, que tem como objectivo o estudo sobre a utilização de *habitats* por grandes predadores pelágicos, através do rastreio dos seus movimentos (Departamento de Oceanografia e Pescas, 2009).

O sistema utilizado no Programa de Telemetria de Grandes Baleias dos Açores baseia-se na constelação de satélites Argos e pode calcular a posição dos animais 'marcados' com uma precisão de (até) 350 metros.

Os transmissores são colocados na camada adiposa subdérmica das baleias e transmitem um código identificativo cada vez que os animais vêm à superfície. Se durante essa transmissão um satélite estiver por cima do animal e for recebido um

número suficiente de mensagens, a sua posição é calculada e retransmitida para terra (Departamento de Oceanografia e Pescas, 2009).

Uma vez que os transmissores são colocados na espessa camada adiposa das baleias, o método de instrumentação é inofensivo para os animais. Por outro lado, num processo natural, o transmissor é lentamente rejeitado pelo organismo do animal e acaba por ser totalmente expelido ao fim de alguns meses.

5.3-Espécies terrestres

Répteis, anfíbios sedentários, mamíferos

Dos sistemas de telemetria abordados vimos que os de satélite não asseguram uma precisão de localização que viabilizem dados consistentes em animais que utilizem áreas reduzidas em todos os aspectos comportamentais (Tomkiewicz *et al.*, 1987). Assim, os sistemas convencionais VHF poderão ser a opção mais correcta de escolha, utilizando transmissores de pequena dimensão e peso. Os equipamentos de implantes são de considerar, mesmo que não se pretendam obter medidas de parâmetros biológicos. Na verdade, a morfologia e comportamentos da maioria dos répteis e anfíbios sedentários exigem acoplamentos de dispositivos leves e de reduzidas dimensões. Na maioria destes animais o acoplamento por implante é a única opção praticável.

Entre os vertebrados, têm sido objecto de muita atenção pela comunidade científica os mamíferos, pela importância ecológica de que se revestem.

Traremos aqui, por isso, alguns casos de estudo desta classe, sem esquecer, também, os répteis e os anfíbios, que ocupam nos ecossistemas funções relevantes, embora ainda não totalmente esclarecidas.

5.3.a)-Anfíbios

Lissamphibia é a única, das três subclasses reconhecidas, que ainda não está extinta, dela fazendo parte os *Anura* (rãs, incluindo sapos), os *Caudata* ou *Urodela* (salamandras, incluindo tritões) e os *Gymnophiona* ou *Apoda* (Reisz, 2009).

Os esforços mais conhecidos na conservação de anfíbios têm-se verificado na ordem dos anuros, à qual pertencem as rãs.

Os transmissores VHF leves, analogamente ao referenciado para insectos e morcegos, ainda são, os mais adequados para estudo dos anfíbios, a maioria de pequeno tamanho. O aspecto que tem sido mais estudado é o método de acoplamento pois muitas das soluções não têm apresentado resultados satisfatórios (Pember *et al.*, 2001).

- Rã-de- perna-vermelha (*Rana draytonii*)

As aplicações de telemetria mais conhecidas são as da rã-de-perna-vermelha (*Rana draytonii*), da rã-de-perna-amarela (*Rana muscosa*) da Califórnia e da rã-leopardo (*Rana pipiens*), do norte dos Estados Unidos da América e Canadá.

Fellers e Kleeman (2007) estudaram a rã-de-perna-vermelha, tendo inserido PIT's (*Passive Implantable Transponders*) nos animais e pequenos transmissores VHF, para seguir os seus movimentos.

Kathleen (2003) estudou a rã-de-perna-amarela (*Rana muscosa*) e utilizou transmissores VHF (*Holohil Systems™ Ltd.;BD-2 transmitters*) cujo peso representava cerca de 4-8% da massa corporal dos animais. A par do rádio transmissor foi também aplicado em cada animal um PIT (*Passive Implantable transmitter*). O método de acoplamento dos transmissores foi feito por corrente-de-contas no sentido de diminuir as probabilidades de ferimento nos animais.

- Rã-leopardo (*Rana pipiens*)

Um estudo com a rã-leopardo (*Rana pipiens*) (Pember *et al.* 2001), decorreu numa área situada a sudeste do estado de Minnesota (Estados Unidos da América). Esta região é caracterizada por ausência natural de terrenos húmidos, pelo que foram construídas centenas de represas, com o intuito de proteger os solos da erosão e, simultaneamente, melhorar o *habitat* para a vida selvagem (embora, ainda não existam estudos que quantifiquem essa melhoria).

Um dos objectivos de Pember *et al.* (2001) era o desenvolvimento de métodos de acoplamento de transmissores, para avaliação de aplicações de telemetria, nestes anfíbios. Foram, então ensaiados dois métodos de acoplamento: um externo e outro por implantes (subcutâneo e abdominal).

Os dispositivos utilizados externamente (*Holohill, Inc. model BD-2G* e réplicas) pesavam 2grs e foram acoplados a 28 rãs utilizando quatro tipos de cintas (contas em níquel, contas em alumínio, cabo de aperto e banda elástica).

Em qualquer destes tipos de cinta verificaram-se, de uma forma geral, extravios e lesões cutâneas, levando a concluir que este método de acoplamento não é o mais indicado, pelo menos, para esta espécie.

Procedeu-se, então, à implantação de 18 réplicas dos transmissores, uns aplicados na *subcutis* (parcialmente descobertos) e outros tantos aplicados no abdómen dos animais. Verificou-se, em laboratório, o comportamento dos mesmos e conclui-se que, os resultados dos implantes abdominais eram os melhores (minimização de perdas e de efeitos adversos) (Pember *et al.* 2001).

5.3.b)- Répteis

- Lagartixa-das-sebes (*Sceloporus occidentalis*)

Para ilustrar uma aplicação de telemetria, escolhemos como caso de estudo a lagartixa-das-sebes (*Sceloporus occidentalis*) (Jocele e Stephen, 1997), por ser um réptil semelhante às lagartixas que ocorrem em Portugal, tais como a lagartixa-de-dedos-denteados (*Acanthodactylus erythrurus*), lagartixa-de-montanha (*Lacerta monticola*), lagartixa-de-Carbonell (*Podarcis carbonelli*) e Lagartixa-do-mato-ibérica (*Psammodromus hispanicus*) (Cabral *et al.*, 2005).

Jocele e Stephen (1997), analisaram os efeitos, no metabolismo de regulação térmica, de transmissores implantados nestas lagartixas. Na metodologia seguida, utilizaram dois grupos de controlo: um apenas sujeito à mesma anestesia e outro sujeito à mesma cirurgia, mas sem transmissores.

Os equipamentos (rádio transmissores com peso de 1,2grs) foram implantados na cavidade peritoneal de machos adultos, cujo peso médio era de 14,1grs.

Nas conclusões identificaram-se alguns efeitos nos primeiros dias após as intervenções, sendo porém considerados desprezáveis.

5.3.c)- Mamíferos

- Veado (*Cervus elaphus*)



Fig 5.3.1 - O veado (*Cervus elaphus*) é uma das espécies de cervídeos que ocorre em Portugal Continental, em estado selvagem (foto do autor).

Em mamíferos de grande porte têm-se testado sistemas de acoplamento combinado (externo e implante) que permitem a telemetria de dados sobre parâmetros fisiológicos dos animais (Walter *et al.* 2004).

Um dos exemplos é o estudo com veados (*Cervus elaphus*) que foi conduzido por Walter *et al.* (2004) numa área cercada de 35ha localizado nos vales de Velice, na Eslováquia.

O estudo aprofundou o hipometabolismo nocturno, como uma estratégia hibernante, destes animais.

Foram realizadas medidas de longa duração sobre o comportamento e os parâmetros fisiológicos, em nove cervídeos escolhidos aleatoriamente. As idades estavam compreendidas entre 2-10 anos e o peso entre 90-240 kgs.

Nas medições efectuadas por telemetria, utilizou-se um sistema exclusivo, constituído por dois dispositivos acoplados em cada animal:

- um rádio transmissor implantado subcutâneamente, que assegurava as funções de monitorização dos parâmetros fisiológicos (ritmo cardíaco e temperatura corporal);
- e um repetidor em coleira, para amplificar os sinais recebidos do rádio transmissor implantado e os enviar para o receptor junto dos investigadores. Assegurava, complementarmente, as restantes funcionalidades não associadas aos parâmetros fisiológicos (temperatura ambiente e localização dos animais).

- Veado-*wapiti* (*Cervus canadensis*) e Veado-mula (*Odocoileus hemionus*)

Referimos agora, um projecto de telemetria contínuo, que decorre no Parque Starkey do Estado do Oregon (Estados Unidos da América) e onde se começou por utilizar um sistema de telemetria próprio, devido ao elevado número de registos que era preciso tratar (Wisdom, 1996).

O sistema, constituído por uma infra-estrutura assente em oito torres de retransmissão, calculava as localizações dos animais (cerca de 160) através do sistema Loran-C, que depois eram convertidas para o sistema georreferenciado.

A partir de 2006 esta tecnologia foi substituída pelo sistema GPS, servindo agora as torres para suportar a transmissão que assegura o *download* dos dados. Este Parque já sustentou inúmeros estudos e experiências de que resultou um vasto trabalho de produção científica, principalmente sobre o veado-mula (*Odocoileus hemionus*) e o veado-*wapiti* (*Cervus canadensis*) (Wisdom, 1996).

Entre os objectivos deste projecto podemos destacar:

1. A avaliação da capacidade reprodutiva dos veados machos em função da sua idade;
2. A influência do tráfego de veículos no parque sobre as movimentações, a distribuição e o uso do *habitat* pelos animais.
3. Análise das variações espaciais e temporais no uso do *habitat* disponível.
4. Correlação entre, a exploração intensiva da floresta e as alterações no coberto vegetal e, as movimentações, a distribuição e uso do *habitat* dos animais.

O sistema de telemetria inicial, apesar de ter custado 1,3 milhões de dólares, produziu, durante os dez anos em que esteve em funcionamento, cerca de quatro milhões de localizações, o que se traduziu num custo/localização inferior a um dólar (muito menos do que o custo normal em sistemas de telemetria – 75 dólares) (Wisdom, 1996).

Para além das leituras sobre a localização dos animais, também eram transmitidas informações sobre a hora e temperatura ambiente e, nos casos em que foram acoplados dispositivos apropriados, fizeram-se ainda leituras do ritmo cardíaco dos animais.

- Javali (*Sus scrofa*)

Esta é uma espécie que, tem sido alvo de muito interesse pela comunidade científica, tendo o nosso país acolhido já iniciativas internacionais de discussão sobre a mesma (Fonseca *et al.*, 2004).

Pela sua morfologia, os javalis requerem atenção no método de acoplamento a escolher. Na verdade, à medida que crescem, estes animais vão adquirindo dimensões no pescoço que não são acompanhadas proporcionalmente pelas da cabeça, o que se traduz numa utilização cuidada das coleiras (Baubet *et al.*, 2004). O mesmo sucede com outros mamíferos, como por exemplo os ursos.

Normalmente, o método de acoplamento mais usado é através da fixação dos transmissores nas orelhas - os chamados 'brincos' (*ear-tags*).

Um estudo recente realizado no cantão de Genève-Suiça (Hebeisen *et al.* 2008), com vista a adaptar métodos de censos às densidades e tamanhos das populações de javalis recorreu aos dois métodos de acoplamento. Em coleiras (elásticas) utilizaram transmissores da Televilt, (modelo-TVP) e, em brincos, transmissores da Biotrack, UK.

Por outro lado, a utilização de transmissores em coleiras, por investigadores ingleses (Defra, 2004), foi um fracasso. O processo de acoplamento iniciou-se em Janeiro de 1999 e dos sete animais acoplados com transmissores em coleira, todos perderam o equipamento ao fim de duas semanas. A alternativa foi recorrer à fixação dos dispositivos por 'brincos'.

Baubet *et al.* (2004) analisaram a aplicabilidade do sistema GPS em estudos sobre o javali, utilizando os transmissores/receptores acoplados através de coleiras. Os autores quiseram provar que esta aplicação era viável e vantajosa. Fixaram então, através de coleiras, transmissores/receptores GPS em dois animais e num terceiro uma réplica desses dispositivos.

Embora reconhecendo que os equipamentos tenham de ser mais pesados que os de tecnologia VHF devido à potência dos sinais em presença ser maior e, que há um maior grau de dificuldade no acoplamento pelas características morfológicas e comportamentais desta espécie, concluíram que os procedimentos usados foram os mais correctos.

Para isso contribuíram os dados obtidos, que se resumiram a:

- Manutenção do equipamento por mais de 283 dias, sem se identificarem quaisquer lesões para os animais.
- Elevado número de leituras efectuadas – 41 ciclos de operação e 142 dias de localizações diárias, foram recolhidas de um animal.

Reconheceu-se, também, que a eficiência na detecção foi melhor durante a noite, devido a ser menor a actividade das comunicações e a consequente interferência dos campos electromagnéticos (Baubet *et al.* 2004).

- Lince-ibérico (*Lynx pardinus*)

Também no projecto de recuperação do lince-ibérico, o felino que no mundo corre maior risco de extinção (Nowell, 2002), se recorre à telemetria para avaliar os efeitos ecológicos de um programa de alimentação suplementar através da utilização de coleiras GPS/GSM (Televilt), no Parque Nacional de Doñana-Espanha

Em Portugal existe um plano com o objectivo preservar o *habitat* deste felino, na Serra da Malcata, através da reintrodução da sua, quase exclusiva, presa – o coelho bravo (Sarmiento *et al.*, 1999).

Em Doñana, o recurso à telemetria verificou-se em Fevereiro de 2007 com o acoplamento por coleira de dois equipamentos, modelo Tellus GPS/GSM da Televilt, em dois lince jovens, um macho e uma fêmea, com 11 meses de idade.

O equipamento de telemetria foi programado para calcular três localizações por dia nos períodos de maior actividade dos animais. Uma programação suplementar foi efectuada para que, três dias por mês, fosse realizada em cada um desses dias uma sessão de 24 horas com o cálculo de uma localização por hora. Os dados são descarregados via GSM, uma vez por semana durante o dia e têm a duração de três horas (Followit, 2009).

- Lobo-ibérico (*Canis lupus signatus*)

Outra aplicação da telemetria no nosso país é a que envolve o lobo-ibérico e está inserida no plano de monitorização desta subespécie (Associação de Conservação do *Habitat* do Lobo Ibérico, 2008).

Utiliza o sistema GPS, fornecido pelo fabricante alemão Vectronics, e, tem uma programação adaptada para efectuar localizações de duas em duas horas, enviando uma mensagem SMS quando totaliza sete localizações. Os dispositivos receptores/transmissores são acoplados aos animais através de coleiras (Associação de Conservação do *Habitat* do Lobo Ibérico, 2008).

5.4-Fabricantes de equipamentos

Achamos útil, num trabalho deste tipo, fazer referência aos fabricantes dos equipamentos que são utilizados na monitorização da vida selvagem. A listagem de fabricantes é tão grande que, para além do receio de omitirmos muitos, também seria fastidioso recuperá-la aqui, por isso, recomenda-se a consulta na Internet (Biotelemetry, 2009).

Apesar do fabrico de equipamentos destinados à biotelemetria não ser exclusivo, a lista de empresas é tão extensa que corrobora a ideia de que, a curto/médio prazo, possam existir condições para baixar os preços dos produtos utilizados nesta área da ciência.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação em não comprometermos os objectivos deste Trabalho revelou-se nas justificações apresentadas logo no seu início, no capítulo dos 'Fundamentos'.

Estamos, contudo, conscientes de que os temas abordados e a sua profundidade possam ter ficado aquém das expectativas dos biólogos mais interessados no conhecimento das potencialidades, ou na utilização, das ferramentas da biotelemetria.

Como referimos, é previsível num futuro próximo, um aumento exponencial da utilização destas ferramentas, o que vai exigir da parte dos investigadores um maior acompanhamento sobre os desenvolvimentos tecnológicos neste campo.

A biotelemetria tem já uma história de mais de 50 anos, sendo inúmeros os estudos, trabalhos e projectos publicados, que revelam o interesse e a confiança que os biólogos têm manifestado na aplicação destas técnicas. Nesta história se revela, também, a influência que o desenvolvimento tecnológico tem tido na definição de novas configurações dos sistemas de monitorização, e, na abrangência das aplicações a um maior número de espécies animais.

As capacidades e funcionalidades dos sistemas ainda não permitiram até hoje, dar a resposta que os investigadores tanto anseiam – a certeza de que a aplicação destas técnicas não influencia os comportamentos naturais das espécies. Contudo, a comunidade científica, tem divulgado muitas conclusões relativas a esse grau de incerteza, apesar de se reconhecer que os avanços, neste campo, têm sido enormes.

Uma outra questão que ainda não está totalmente ultrapassada é a que se refere à autonomia dos equipamentos transmissores, nos quais se reclamam maiores prazos na duração das baterias, pois ainda não se tem conseguido, exceptuando algumas espécies de aves, o aproveitamento satisfatório da energia solar na maioria das aplicações. Esta limitação releva o problema, também, para a questão atrás referida, da interferência nos ecossistemas provocada pelos investigadores.

Por tudo isto, é provável que num prazo mais ou menos curto, algumas das considerações resultantes da pesquisa que fizemos estejam desactualizadas.

Estes condicionalismos, julgamos terem sido acautelados pelas características deste trabalho, que esperamos, venha a contribuir para a divulgação destas técnicas e para a sua correcta utilização.

As capacidades destas ferramentas de monitorização da vida selvagem, podem viabilizar estudos e projectos de elevado potencial científico, e, sobrepor-se às dificuldades de financiamento que à partida surjam como ameaça, pelos preços ainda elevados da maior parte dos equipamentos de telemetria.

7 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Advanced Telemetry Systems (2005a). *Choosing the right transmitter*. Acedido em 18 de Abril de 2009) no *Web site* de ATS-Incorporation:
<http://www.atstrack.com/ats/support/papers/TranChoice/tranchoice.aspx>
- Advanced Telemetry Systems (2005b). *Coho Salmon: Our Constitutionally Protected Fish*. Acedido em 18 de Abril de 2009) no *Web site* de ATS-Incorporation:
<http://www.atstrack.com/ats/apps/Chilkat/chilkat.aspx>
- Anderson, D. M., Nolen, B., Fredrickson, E., Havstad, K., Hale, C., e Nayak P. (2004). *Representing spatially explicit Directional Virtual Fencing (DVF™) data*. Acedido em 29 de Maio de 2009, no *Web site* de: Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI):
<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap2136.pdf>
- Angerbjorn, A. e Becker, D. (1992). *An automatic location system for wildlife telemetry*. In I. G. Priede e S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, N.Y. pp. 68-75.
- Argos (2009a). *History*. Acedido em 28 de Maio de 2009, em:
http://www.argos-system.org/html/system/history_en.html
- Argos (2009b). *How does Argos monitoring work?* Acedido em 28 de Maio de 2009, em:
http://www.argos-system.org/html/system/how_it_works/tracking_en.html
- Associação de Conservação do *Habitat* do Lobo Ibérico (2008). *Plano de monitorização do lobo na área das serras de Montemuro, Freita, Arada e Leomil*. Acedido em 11 de Maio de 2009, em:
<http://www.loboiberico.org/index.php?pagina=18>
- Baubet E., Brandt, Vassant J., Gendner J-P. e Klein F. (2004). *Can wild boar be surveyed using GPS?*. *Mem Natl Inst Polar Res Spec Issue*. Vol 58, p188-195.
- Beuchner, H. K., Craighead, Jr. F. C., Craighead, J. J. e Cote, C. E. (1971). *Satellites for research on free-roaming animals*. *BioScience*. 21:1201-1205.
- Biotelemetry (2009). *Equipment Manufacturers Directory*. Acedido em 22 de Abril de 2009, em:
<http://www.biotelem.org/manufact.htm>
- BMC-Bat Conservation and Management (2009). *Hibernia Indiana Bat Migration Study*. Acedido em 5 de Maio de 2009, em: www.BatManagement.com
- Cabral, M. J. (Coord.), Almeida, J., Almeida, P. R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira M. E., Palmeirim, J. M., Queiroz, A. I., Rogado, L. e Santos-Reis, M. (Eds) (2005). *Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal*. Lisboa: Instituto da Conservação da Natureza.
- Canadian Food Inspection Agency (2007). *Plant Protection Survey Report*. Acedido em 22 de Abril de 2009 em: <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pestrava/popjap/popjape.shtml>
- Cirovic, D., Pavlovic, I., Ivetic, V., Milenkovic, M., Radovic, I., e Savic, B. (2007). *Reintroduction of the European beaver (Castor fiber) into Serbia and return of its parasite: the case of Sticherchis subtriquetrus*. Acedido em 22 de Abril de 2009, no *Web site* da: N.Lib. of Serbia:
[http://www.doiserbia.nb.rs/\(A_GGtg8gEygEkAAAAANjKZGYwNjYtMzJiOC00ZDY0LThtZTctYWVlYjliNWYwODg3oHHDzU97dDeccyeJ7tC8dWtW8BM1\)\)/img/doi/0354-4664/2009/0354-46640901141C.pdf](http://www.doiserbia.nb.rs/(A_GGtg8gEygEkAAAAANjKZGYwNjYtMzJiOC00ZDY0LThtZTctYWVlYjliNWYwODg3oHHDzU97dDeccyeJ7tC8dWtW8BM1))/img/doi/0354-4664/2009/0354-46640901141C.pdf)

- Cochran, W. W. (1980). *Wildlife telemetry*. In S. D. Schemnitz, ed. *Wildlife management techniques manual*. Fourth ed., rev. The Wildl. Soc., Washington, D.C. pp. 507-520.
- Cochran, W. W., Warner D. W., Tester, J. R. e Kuechle, V. B.(1965). *Automatic radio-tracking system for monitoring animal movements*. *BioScience* 15:98-100.
- Craighead, J. J., Craighead Jr., F. C., Varney, J. R. e Cote, C. E. (1971). *Satellite monitoring of black bears*. *BioScience*. 21:1206-1212.
- Dansk Ornitologisk Forening (2006). *Migratory Behaviour and Conservation of European Montagu's Harriers studied by satellite telemetry*. Acedido em 12 de Maio de 2009 em: http://www.dof.dk/sider/images/stories/proj/punkttaelling/dokumenter/montagus_harrier_sattel.pdf
- Davis, J. R., A. F. Von Recum, D. D. Smith, e D. C. Guynn, Jr. (1984). *Implantable telemetry in beaver*. *Wildl. Soc. Bull.* 12:322-324.
- Defra-Department of Environment, Food e Rural Affaires (2004). *The Ecology and Management of Wild boar in southern England*. Acedido em 22 de Maio de 2009, em: <http://www.defra.gov.uk/>
- Departamento de Oceanografia e Pescas (2009). *Programa de telemetria por satélite de grandes baleias*. Acedido em 23 de Maio de 2009, no *Web site* da Universidade dos Açores: <http://www.horta.uac.pt/intradop/>
- FADIO-Fish Aggregating Devices as Instrumented Observatories of pelagic ecosystems (2009). *FADIO I, a European Project*. Acedido em 23 de Maio de 2009, em: <http://www.fadio.ird.fr/finalengl/FADIOIengl.html>
- Fancy, S. G., Pank, L. F., Douglas, D. C., Curby, C. H., Garner, G. W., Amstrup, S. C. e Regelin, W. L. (1988). *Satellite telemetry: a new tool for wildlife research and management*. *Resour. Publ. No. 172*. U.S. Fish and Wildl. Serv., Washington, D.C. 54 pp.
- Fellers, G.M. e Kleeman, P.M. (2007). *California Red-legged Frog (Rana Draytonii) Movement and Habitat Use: Implications for Conservation*. *Journal of Herpetology*. 41(2):276-286
- Fink, D.G. (1975). *Electronics engineer's handbook*. McGraw-Hill, Inc. Eds. Crawford, Curtis e Braine. First Edition. ISBN: 0-07-020980-4 U.S.
- Folkow, L. P. e Blix, A. S. (1992). *Satellite tracking of harp and hooded seals*. In I. G. Priede e S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, NY. pp. 214-218.
- Followit –Tellus GPS Systems (2009). *Iberian Lynx Project*. Acedido em 29 de Maio de 2009, em: <http://www.followit.se/wildlife/modules.php?name=Content&op=showcategory&cat=38>
- Fonseca, C., J. Herrero, Luís, A. e Soares, A.M.V.M. (2004). *Wild Boar Research 2002. A selection and edited papers from the "4th International Wild boar Symposium "*. *Galemys*, 16 special issue. 272 pp.
- Fonseca, A., Roquete, C., Barbosa, E., Pinheiro, P., Carreira, P., Prata, T. (2001). *Projecto IDEA - Bolos reticulares - Resultados preliminares*. *Revista Portuguesa de Zootecnia, X Congresso de Zootecnia*. Ano VII 1: 109-118.

- Freeman, D. J. (2008). *The Ecology of Spiny Lobsters (Jasus edwardsii) on Fished and Unfished Reefs*. Tese de Doutorado em Filologia. Universidade de Auckland, Nova Zelândia.
- French, J. e Goriup, P. (1992). *Design of a small Argos PTT for the houbara bustard*. In I. G. Priede e S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Radio Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, NY. pp. 161-176.
- Garshelis, D. L. e Siniff, D. B. (1983). *Evaluation of radio-transmitter attachments for sea otters*. *Wildl. Soc. Bull.* 11:378-383.
- Guynn, D. C., Jr., Davis, J. R. e Von Recum, A. F. (1987). *Pathological potential of intraperitoneal transmitter implants in beavers*. *J. Wildl. Manage.* 51:605-606.
- Hays, G. C. (1992). *Assessing the nesting beach fidelity and clutch frequency of sea turtles by satellite tracking*. In I. G. Priede and S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, NY. pp. 203-213.
- Hebeisen C., Fattebert J., Baubet, É. e Fischer, C. (2008). *Estimating wild boar (Sus scrofa) abundance and density using capture-resights in Canton of Geneva, Switzerland*. *European Journal of Wildlife Research*. Vol 54 (3): 391-401
- Howey, P. W. (1992). *Tracking of birds by satellite*. In I. G. Priede and S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, NY. pp. 177-184.
- Howey, P.W., Strikwerda, T. E., Mantel, S., Fuller, M. R., Gee, G. F., Klugmann, S. S., Segar, W. S e Ward, F. P. (1987). *A system for acquiring physiological and environmental telemetry data*. In H. P. Kimmich and M. R. Neuman, eds. *Biotelemetry IX*. Doring-Druck, Braunschweig, Germany. pp. 347-350.
- Howey, P.W., Seegar, W. S., Fuller, M. R., e Titus, K.. (1989). *A coded tracking telemetry system*. In C. J. Amlaner, Jr., ed. *Biotelem. X*. Univ. Arkansas Press, Fayetteville. pp. 103-107.
- Hooker, S.K., Boyd, I.L., Jessopp, M., Cox, O., Blackwell, J., Boveng, P.L. e Bengtson, J.L. (2006). *Monitoring the prey-field of marine predators: Combining digital imaging with datalogging tags*. *Marine Mammal Science* 18(3): 680-697.
- Hulbert, I. A. R. (2001). *GPS and its use in animal telemetry: The next five years*. In *Tracking Animals with GPS. An International conference held at the Maculay Land Use Research Institute, Aberdeen, SD, 12-13 March 2001*.
- Jeffries, S.J., Gearin, P.J., Gosho, M.E., Thomason, J.R e Wilson, M.T. (1995). *Capture, marking, and handling of male California sea lions*. Page 58 in *Abstracts of the 11th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*, Orlando, FL. December
- Jocle P. W., e Stephen C. A. (1997). *Thermoregulatory Consequences of Transmitter Implant Surgery in a Small Lizard*. *Forum on Wildlife Telemetry*
- Juang, P., Oki, H., Wang, Y., Martonosi, M., Peh, L. S. e Rubenstein, D. (2002). *Energy efficient computing for wildlife tracking: Design tradeoffs and early experiences with zebranet*. Acedido em 29 de Maio de 2009, no *Web site da Universidade de Princeton*: http://www.princeton.edu/~mrm/aspl-x_annot.pdf

- Kathleen R. M. (2003) *Response of Mountain Yellow-Legged Frogs, Rana muscosa, to Short Distance Translocation*,. Journal of Herpetology 37(3):621-626
- Keating, K. A., Brewster, W. G., e Key, C. H. (1991). *Satellite telemetry: performance of animal-tracking systems*. J. Wildl. Manage. 160-171.
- Keiner, Louis E. (2005), *Physical Oceanography Animations*. Acedido em 30 de Abril de 2009, no Web site of Coastal Carolina University:
<http://kingfish.coastal.edu/marine/Animations/Images/Electromagnetic-Spectrum-3.png>
- Klugman, S. S. e Fuller, M. R. (1990). *Effects of implanted transmitters on captive Florida sandhill cranes*. Wildl. Soc. Bull. 18:394-399.
- Kolz, A.L. e Corner, G.W. (1966). *A 160-megahertz telemetry transmitter for birds and bats*. West. Bird Bander 50:38-40.
- Kuechle, V. B., Fuller, M. R., Reichle, R. A., Schuster, R. J. e Duke, G. E. (1987). *Telemetry of gastric motility data from owls*. In H. P. Kimmich and M. R. euman, eds. Biotelemetry IX. Doring-Druck, Braunschweig, Germany. pp. 363-366.
- Kussendrager, J.H. Deegenaars, W. C. e de Vos, A. (1980). *Implantable long-life temperature telemetry system with interference suppression*. Medical and Biological Engineering and Computing, Volume 18, Number 5 / September, 1980
- Lancaster, W., Keating, A.W. e Heson, Jr. O.W. (1992). *Ultrasonic vocalizations of flying bats monitored by radiotelemetry*. J. Exp. Biol. 173:43-58.
- Lindholm, J., Auster, P. e Kibner, S. (2009). *Site Fidelity and Movement of Atlantic Cod (Gadus morhua) on Piled Boulder Reefs as Determined by Acoustic Telemetry*. Acedido em 29 de Maio de 2009, no Web site de: Pfleger Institute of Environmental Research-PIER:
<http://www.pier.org/cod.shtml>
- Lotek-Wireless Inc. (2009). *About biotelemetry-Uses of each technology*. Acedido em 29 de Março de 2009, em: <http://www.lotek.com/>
- Mandl, M. (1973). *Handbook of modern electronic data*. Reston Publishing Company, Inc. A Prentice-Hall Company. ISBN: 0-87909-329-3. Virginia, U.S.
- Mate, B. R., Reid, J. P., e Winsor M. (1987). *Long-term tracking of manatees through the Argos satellite system*. In Proc. Argos Users Conf., Service Argos, Greenbelt, MD. pp. 211-220.
- Mate, B.R. (1989). *Satellite-monitored radio tracking as a method for studying cetacean movements and behaviour*. Report of the International Whaling Commission 39:389-391.
- Mate, B.R., Nieukirk, S.L., Kraus, S.D., Mesecar R.S. e Martin T.J. (1991). *Satellite-monitored movements and dive patterns of radio-tagged North Atlantic right whales, Eubalaena glacialis*. In Abstracts of the Ninth Biennial Conference on the Biolo
- Mech, L. D. (1974). *Current techniques in the study of elusive wilderness carnivores*. Proc. Xith Int. Cong. Game Biol. pp. 315-322.
- Mech, L. D. (1983). *A handbook of animal radio-tracking*. Univ. of Minn. Press, Mpls. 108pp.

- Merrill, S. B., Adams, L. G., Nelson, M. E. Mech e L. D. (1998). *Testing releasable GPS collars on wolves and white-tailed deer*. Wildl. Soc. Bull. 26(4):830-835.
- Moen, R., Pastor, J. e Cohen Y. (1997). *Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction*. J. Wildl. Manage. 61:530-539.
- Moen, R., Pastor, J., Cohen, Y. e C. C. Schwartz. (1996). *Effects of moose movement and habitat use on GPS collar performance*. J. Wildl. Manage. 60:659-668.
- Morton D. B., Hawkins P., Bevan R., Heath K., Kirkwood J., Pearce P., Scott L., Whelan G., e Webb A. (2003). *Refinements in telemetry procedures*. Seventh report of BVAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement, Part A. Laboratory Animals: Volume 37, Number 4: 56-59.
- Morris, J. A. (1992) *An easily constructed hand-held direction-finding antenna*. In I. G. Priede and S. M. Swift, eds. Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals. Ellis Horwood, New York, NY. pp. 88-89.
- Morris, P. (1980). *An Elementary Guide to Practical Aspects of Radio Tracking Mammals*. In C.J. Amlaner, Jr. & D. W. MacDonald, eds. A Handbook on Biotelemetry and Radio Tracking. Pergamon Press, Oxford, pp. 161-168.
- National Geographic (2009). *Wildcam Program*. Acedido em 29 de Maio de 2009, em: <http://animals.nationalgeographic.com/animals/article/crittercam-wildcam-index.html>
- Netting R. (2007), *The electromagnetic spectrum*. Acedido em 30 de Abril de 2009, no Web site da NASA: http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/ems_length_final.gif
- Nowell, K. (2002). *Revision of the Felidae Red List of Threatened Species*. Acedido em 22 de Maio de 2009, no Web site da: IUCN - The World Conservation Union: http://www.catsg.org/catsgportal/red-list/03_cats-and-red-list/nowell-cat_news_no37_2002.pdf
- Parrish, F., Marshall, G.J., Littnan, C., Heithaus, M., Canja, S., Becker, B., Braun, R. e Antonelis, G. (2005). *Foraging of Juvenile monk seals at French Frigate Shoals, Hawaii*. Marine Mammal Science. 21(1): 93-107.
<http://www.nationalgeographic.com/crittercam/pdf/related-publications.pdf>
- Pember B., Knights B., Knutson M. G., Weick S., Sutherland D. (2001). *Effects of wetland type and land use practices on movement and habitat selection by northern leopard frogs (Rana pipiens)*. USGS, Department of the Interior - U.S.
- Pember, B., Knights B., Melinda, G.K., Weick, S. e Sutherland D. (2001). *Effects of wetland type and land use practices on movement and habitat selection by northern leopard frogs (Rana pipiens)*. Acedido em 19 de Abril de 2009, em: <http://www.google.pt/search?hl=pt-PT&q=telemetry+Brian++Rana+pipiens+&btnG=Pesquisar&meta=>
- Pennycuik, C. J., e Fuller M. R. (1987). *Considerations of effects of radio-transmitters on bird flight*. In H. P. Kimmich and M. R. Neuman, eds. biotelemetry IX. Doring-Druck, Braunschweig, Germany. pp. 327-330.
- Priede, I. G. (1984). *Argos tracks a shark*. Argos Newsl. 19:6-7.

- Priede, I. G. (1992). *Wildlife telemetry: an introduction*. In I. G. Priede and S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, N.Y. pp. 3-25.
- Priede, I. G., Sigfusson, A. T. e Dunnet G. M. (1988). *Tracking birds using a new ARGOS PTT powered by lithium primary batteries*. Acte du Colloque International. 'Suivi de Vertebres Terrestres par Radiotelemetrie', pp. 23-24.
- Reid, D. G., Melquist, W. E., Woolington, J. D. e Noll J. M. (1986). *Reproductive effects of intraperitoneal transmitter implants in river otters*. J. Wildl. Manage. 50:92-94.
- Rempel, R. S. e. Rodgers, A. R. (1997). *Effects of differential correction on accuracy of a GPS animal location system*. J. Wildl. Manage. 61:525-530
- Reisz, Dr. R. (2009). *Biology 356 - Major Features of Vertebrate Evolution*. Acedido em 26 de Maio de 2009, no Web site da: University of Toronto University Mississauga: http://www.erin.utoronto.ca/~w3bio356/lecture_info/lecture_notes/lepospondyls_and_lissamphibians.pdf
- Rodgers, A. R., Rempel, R. S., e Abraham, K. F. (1996). *A GPS-based telemetry system*. Wildl. Soc. Bull. 24(3): 559-566.
- Rodgers, A.R. (2006). *Cost Comparisons of Large Animal Telemetry Systems*. Acedido em 22 de Abril de 2009, no Web site de: USGS, Department of the Interior - U.S.: <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/wildlife/telemetry/costcomp.htm>
- Samuel, M. D. e Fuller, M. R. (1996). *Wildlife Radiotelemetry*. In T. A. Bookhout, ed. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*, 5th ed., rev. The Wildlife Society, Bethesda, MD. pp. 370-418.
- Samuel, M.D. e Garton, E.O. (1985). *Home range: a weighted normal estimate and tests of underlying assumptions*. J. Wildl. Manage. 49:513-519.
- Sarmiento, P., Cruz, J. e Tarroso, P. (1999). *Recovery of Habitats and Preys of the Lynx pardinus in Serra da Malcata*. Acedido em 17 de Maio de 2009, no Web site da: IUCN-The World Conservation Union,: http://www.catsg.org/iberianlynx/04_library/4_4_reports/Sarmiento_et_al_2003_Serra_da_Malcata_Life_project_report_pp1-19.pdf
- Schmutz, J.A. e White, G.C. (1990). *Error in telemetry studies: effects of animal movement on triangulation*. J. Wildl. Manage. 54:506-510.
- Scientific Committee on Oceanic Research (2009). *Electronic tagging of marine animals*. Acedido em 3 de Maio de 2009, em: http://www.scor-int.org/Tech_Panel/SCOR-tagging.pdf
- Seminoff, J.A., Jones, T.T. e Marshall, G.J. (2006). *Underwater behavior of green turtles monitored with video-time-depth recorders: What's missing from dive profiles?* Marine Ecology Progress Series. 322: 269-280.
- Sirtrack (2009). *Wildlife Tracking Solutions*. Acedido em 22 de Abril de 2009, em: <http://www.sirtrack.com/index.asp>

- Snyder, N. F. R., Beissinger, S. R. e Fuller, M. R. (1989). *Solar radio- transmitters on snail kites in Florida*. J. Field Ornith. 60:171-177.
- Space-Based Positioning, Navigation, and Timing of USA (2009). *GPS System*. Acedido em 29 de Maio de 2009, em: <http://pnt.gov/>
- Swenson, G.W., Wikelski, M. e Smith, J.A. (2004). *Tracking very-low-power ground transmitters from near Earth orbit*. Acedido em 24 de Maio de 2009, no *Web site* de: ICARUS initiative, em: <http://www.icarusinitiative.org/about.html>
- Taillade, M. (1992). *Animal tracking by satellite*. In I. M. Priede e S. M. Swift, eds. *Wildlife Telemetry Remote Monitoring and Tracking of Animals*. Ellis Horwood, New York, NY. pp. 149-160.
- Tomkiewicz, Jr., Stanley. (1990). *Technical Note: Advances In Satellite And Radio Location Technology*. Presented at the Eleventh Annual Information Transfer Meeting of Mineral Management Service's Gulf of Mexico OCS Region in New Orleans, Louisiana.
- Tomkiewicz, Jr. (2009). *Tracking of Wild Life: A Convergence of Technologies*. Acedido no *Web site* da Telonics, Incorporation: <http://www.telonics.com/technotes/tracking.php>
- Tomkiewicz, S. M. Jr., e Beaty, D. W. (1987). *Wildlife satellite telemetry: a progress report — 1987*. In Proc. Argos Users Conf., Service Argos, Greenbelt, MD. pp. 191-198.
- Walter A., Thomas R., Reimoser, S., Frieda T., Kurt O., e Schober, F. (2004). *Nocturnal hypometabolism as an overwintering strategy of red deer (Cervus elaphus)*. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 286: R174-R181
- White, G. C. e Garrott, R. A. (1990). *Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data*. Academic Press, Inc., San Diego.
- Wilson, R. P. e Wilson. M. T. J. (1989). *Tape: a package-attachment technique for penguins*. Wildl. Soc. Bull. 17:77-79.
- Wilson, R.P. e Duffy. D.C. (1986). *Recording devices on free-ranging marine animals: does measurement affect performance?* Ecology 67:1091-1093.
- Wisdom, M. J. (1996). *The Starkey Project: A Synthesis of Long-term Studies of Elk and Mule Deer*. Acedido em 15 de Maio de 2009, no *Web site* do: Starkey Project: <http://www.fs.fed.us/pnw/starkey/>)
- World Commission on Dams (2000). *Dams and Development*. Acedido em 15 de Maio de 2009, em: <http://www.dams.org/report/contents.htm>
- Zimmerman, B., Storaas, T., Wabakken, P., Nicolaysen, K., Steinset, O. K., Dotterer, M., Gundersen, H. e Andreassen, H. P. (2001). *GPS collars with remote download facilities, for studying the economics of moose hunting and moose-wolf interactions*. In *Tracking Animals with GPS: An International conference held at the Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, SD 12-13 March 2001*. pp. 33-38.